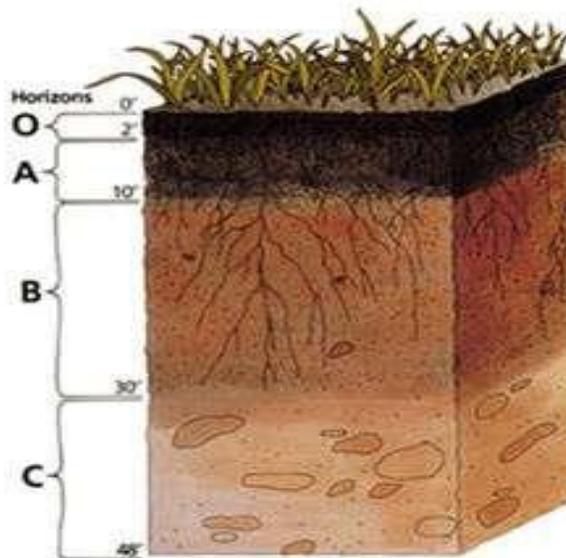


Tesis en opción al título de ingeniero agrónomo.



Título: Evaluación del efecto del uso de suelo sobre el contenido de carbono orgánico en un ecosistema de bosque natural del “Jardín Botánico de Cienfuegos” y dos agroecosistemas aledaños.

Autor : Naila Guillot Reyes.

Tutor : DrC. Nelson Cristóbal Arzola Pina.

Tutor . MSc. Mario Julián Fuentes Gallardo

Agradecimiento.

- A todos los que de alguna forma u otra han contribuido en este proyecto, como mis familiares, profesores y amigos, gracias por su ayuda y apoyo; este logro también es suyo.
- A mis padres que son la fuerza motriz de mi vida, que han disfrutado y sufrido esta etapa junto a mí, por ello mis agradecimientos más profundos ya que sin ustedes este día no hubiese sido posible.
- A mis tutores: DrC. Nelson Cristóbal Arzola Pina, quien hizo la sugerencia del proyecto, lo apoyó y estimulo desde sus inicios, al MSc. Mario Julián Fuentes Gallardo por su colaboración, aporte y revisión del trabajo.
- Especial agradecimiento al DrC. Héctor García Pérez, por su ayuda en la elaboración y procesamiento de las bases de datos.
- A todos los compañeros del Jardín Botánico de Cienfuegos, de la Estación Territorial de la Caña de Azúcar (ETICA) y al propietario de la finca La Victoria, que me ayudaron en la recopilación de información y muestreo. Gracias por estar pendientes en cada paso de esta investigación.
- A todas las personas que me ayudaron sin negativa, muchas gracias, por dedicarme parte de su tiempo y por regalarme un pequeño espacio en sus vidas.
- A mis compañeros de estudio, les deseo éxitos como verdaderos profesionales de la revolución y los exhorto a que continúen la obra comprometida. Una vez más, a todos les doy gracias.

Resumen.

Una investigación no experimental se desarrolló en el Jardín Botánico de Cienfuegos y sus áreas aledañas entre marzo del 2015 y mayo del 2017, con el propósito de evaluar el efecto del uso de suelo sobre el contenido de carbono orgánico y su relación con algunas propiedades químicas en tres ecosistemas con diferentes usos, pero con suelo y condiciones topográficas similares, en el que se aplicaron métodos del orden teórico y práctico. El muestreo de suelos se efectuó al azar en las áreas estudiadas, con tres variantes de uso (cultivos varios, silvopastoreo y bosque natural), todos con 5 repeticiones y dos niveles de profundidad (0-20 cm y 20-40 cm), para evaluar las variables carbono, humedad del suelo, acidez hidrolítica, fósforo y potasio asimilables, magnesio, calcio, sodio y potasio. Para el procesamiento de la información se utilizaron los paquetes estadísticos SPSS versión 21 y InfoStat versión 2009, los estadígrafos analizados fueron: media aritmética, coeficiente de variación y error típico. Las propiedades del suelo fueron determinadas y relacionadas con el carbono, mostrando una estrecha relación entre ellas y un efecto favorable del carbono sobre diferentes propiedades que influyen en la fertilidad del suelo. El bosque natural posee mayor contenido de carbono y humedad en el suelo que el área silvopastoril, siendo los cultivos varios el área de menor índice debido a las actividades antropogénicas, por lo que se recomienda una investigación continuada en la zona, evaluando otros indicadores físico-químicos y se apliquen todas las variantes posibles de conservación y recuperación de los suelos.

Palabras Clave: áreas, conservar, efecto invernadero, manejo, proteger.

Abstract.

An investigation not experimental was developed Cienfuegos Botanical Garden and their neighboring areas among March 2015 and May 2017, with the purpose of evaluating the effect of the soil use on the content of organic carbon and their relationship with some chemical properties of the ground in three different ecosystems but with equal ground in topographic comparable. The soil analysis was made at random throughout the study areas, with three use variants (several cultivations, silvopastoreo and natural forest), all with 5 repetitions and two levels of depth (0-20 cm and 20-40 cm), to evaluate the variable carbon, humidity of the soil, calcium, sodium and potassium. For the information process they were used the statistical packages SPSS version 21 y InfoStat version 2009, the analyzed statisticians were: the arithmetic stocking, the variation coefficient and typical error. The properties of the soil were determined and related with the carbon, that showed that frequently showed a narrow relationship and they demonstrate the favorable effect of the carbon about different properties that influence in the fertility of the soil. The natural forest possesses bigger content of carbon and humidity in the soil that the area silvopastoril, being the several cultivations the area of smaller index due to the agricultural activities, for what is recommended an investigation continued in the area, evaluating other physical-chemical indicators and all the variants are applied possible of conservation and recovery of the soil.

Key Words: areas, conservation, effect hothouse, handling, protect.

Índice.

INTRODUCCIÓN.....	5
CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	9
EL SUELO COMO RECURSO NATURAL. USO AGRÍCOLA.	9
PRINCIPALES FACTORES LIMITANTES DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS SUELOS.....	10
PROCESO DE DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS. FACTORES ACTUANTES.....	12
CICLOS BIOGEOQUÍMICOS DEL CARBONO.	13
EL CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO.....	15
LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO.....	20
EL PAPEL DE LOS ECOSISTEMAS Y LOS AGROECOSISTEMAS	22
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
2.1. Caracterización del ecosistema de bosque natural y dos agroecosistemas en áreas aledañas al Jardín Botánico.....	24
Ubicación geográfica.	24
2.2. Determinación de la relación del uso de suelo con el contenido de carbono orgánico. ...	26
2.3. Determinación de la relación del carbono orgánico con algunas propiedades químicas del suelo estudiadas.	27
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIONES.	29
3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ECOSISTEMA DE BOSQUE NATURAL Y DOS AGROECOSISTEMAS EN ÁREAS ALEDAÑAS AL JARDÍN BOTÁNICO.....	29
Suelos. Tipos y descripción general.	29
Relieve.	30
Evaluación de los factores edáficos en condiciones de campo.....	30
Vegetación.....	31
Clima.	32
3.2 DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DEL USO DE SUELO CON EL CONTENIDO DE CARBONO ORGÁNICO.....	33
3.3 DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DEL CARBONO ORGÁNICO CON ALGUNAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO ESTUDIADAS.	40
CONCLUSIONES.....	44
RECOMENDACIONES.....	45
BIBLIOGRAFÍA.....	46
ANEXOS.....	53

Introducción.

La formación de tierra data aproximadamente 4 550 millones de años, y la vida en ella surgió mil millones de años después, y es hogar de millones de especies vivas (Savory et al., 2008). Cerca del 70,8% de la superficie del planeta lo constituye la hidrósfera, y el restante 29,2% se compone de montañas, desiertos, llanuras, mesetas y otras geomorfologías (Ibáñez, 2007). Fred et al. (2011), estiman que la cantidad de tierras cultivables en el mundo alcanzan 2 481 250 km², y de esta porción el 4,71% pertenece a cultivos permanentes, el 26% a pastos permanentes, el 32% a bosques y tierras arboladas, el 1,5% a áreas urbanas, el 5,79% a redes de comunicación tales como carreteras, líneas férreas, caminos, electricidad y teléfono, y solo el 30% a otros usos que incluye el bélico.

El hombre desde edad temprana se ha empeñado en darle soluciones científicas a todo el entorno natural que le rodea, y diversos han sido los conceptos y criterios por los estudios relacionados al uso de los suelos. Para Vandermeer (2002), el suelo es un sistema complejo que se forma en la capa más superficial de la Tierra, en la interface o límite entre diversos sistemas que se reúnen en la superficie terrestre: la litosfera, que aporta la matriz mineral del suelo, la atmósfera, la hidrosfera y la biosfera que alteran dicha matriz, para dar lugar al suelo propiamente dicho. Para Urquiza et al. (2002) la acción geológica del agua y otros agentes geológicos externos inician la alteración física y química de las rocas y posteriormente la influencia de los seres vivos, que es fundamental en este proceso de formación de una estructura en niveles superpuestos, conocida como el perfil de un suelo, y una composición química y biológica definida. Las características locales de los sistemas implicados como la litología, el relieve, el clima, la biota y sus interacciones dan lugar a los diferentes tipos de suelos.

Existen muchas metodologías que clasifican a los suelos según interés científicos (Tarbuck et al., 2015). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), han desarrollados dos sistemas de clasificación de los suelos el «Legend of the Soil Map of the Word», establecido en 1974 y posteriormente el «Revised legend of the Soil Map of the Word» en 1988, que introdujo profundos cambios en todos sus niveles, como leyenda de un mapa mundial de suelos de escala pequeña (1:5 000 000) y con amplia aceptación mundial (FAO/UNESCO, 1988). En Cuba según Martin (1987), y revisado por

Guillot (2009), la clasificación comenzó en 1916 por Crowley, posteriormente en 1926 por los doctores Brennett y Allison y en 1988 se elabora la segunda clasificación genética de los suelos, según metodología de la FAO.

Según el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba (CITMA, 2011) La degradación de tierras causada por las actividades humanas es uno de los principales problemas ambientales del siglo XX para todos los países, y mantiene un lugar importante de atención en la agenda internacional del siglo XXI. Agrega, la misma fuente que la importancia de este tema resulta de sus consecuencias directas sobre la seguridad alimentaria, la pobreza, la migración y la calidad del ambiente.

Los suelos de Latinoamérica poseen el 45% de pérdida de su fertilidad natural (Rodríguez, 2008), mientras que en Cuba la erosión, mal drenaje, bajo contenido de materia orgánica y baja fertilidad, afectan a más del 40% de las áreas agrícolas (Look, 2015a). El 70% de estos suelos presentan bajo contenido de materia orgánica y el 43% necesitan manejos que permitan su recuperación y conservación debido fundamentalmente a la acidez, sodicidad y compactación, reforzadas por el cambio climático (Urquiza et al., 2011). Para Tamayo (2005) esta degradación constituye un problema ambiental significativo, como resultado de una sobreexplotación y el uso de tecnologías y equipamiento inadecuados no acorde con las características de estos suelos.

Para Arzola (2007), el conocimiento de los suelos es vital para mejorar su uso, manejo sustentable y calidad, teniendo en cuenta que estos pueden actuar como reservorio del carbono orgánico (CO) y aumentar su presencia y porcentaje. Se estima que desde que se incorporan nuevos suelos a la agricultura hasta establecer sistemas intensivos de cultivo se producen pérdidas de carbono orgánico del suelo (COS), que fluctúan entre 30 y 50% del nivel inicial (Reicosky, 2002). Según Arzola (2007), cuanto mayor sea la producción de (COS), mayor serán las reservas nutricionales y mejor serán sus propiedades físico-químicas, mejor fertilidad y mayor capacidad productiva.

Es de conocimiento general que el clima del mundo está cambiando y que esto es debido al consumo desmesurado de los recursos naturales, entre ellos los combustibles fósiles y la deforestación de los bosques, con el desbroce y quema de estos a un ritmo acelerado. Esta situación ha traído como consecuencia el aumento de la concentración de los gases del efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, que a su vez está provocando el calentamiento global con las consecuencias negativas del cambio climático (Hernández et al., 2008). Estos autores refieren que informes del International Panel for Climate Change (IPCC), demuestran

que los problemas son aún más agudos de lo que se pensaba, con posibles consecuencias desastrosas que se están pronosticando para el futuro.

Es criterio de estos autores que Cuba, resulta un ejemplo de antropogénesis tropical, donde han incidido procesos de deforestación intensa, agricultura migratoria y agricultura intensiva o de altos insumos, razones por las que resulta de vital importancia analizar el comportamiento del carbono en los suelos y conocer la situación actual, como fundamento para establecer políticas de captura y secuestro del mismo en el ecosistema, tanto naturales como agrícolas. Concluyen manifestando que algunos resultados sobre las características de la materia orgánica y el tipo de humus en los suelos de Cuba se obtuvieron en la década de los años 80, y ya en los últimos años hay otros aportes en relación con el estado de este en los suelos del país, siempre en términos más generales, aunque ya se comienza a trabajar en escenarios más localizados. No obstante, tienen el criterio que es necesario ir incorporando nuevos resultados regionales, que ayuden a precisar esta problemática para lograr vías efectivas en relación con la captura y el secuestro del carbono en los ecosistemas terrestres, que contribuyan al mismo tiempo a amortiguar los problemas del cambio climático global.

El cambio climático es un tema ampliamente debatido por sus efectos devastadores a nivel mundial, y es inducido principalmente por gases de efecto invernadero (GEI) como el Metano, óxido dinitroso y el dióxido de carbono (CO_2), los cuales provocan el incremento de su concentración en la atmósfera (Stern, 2008). Los autores, argumentan, que los contenidos de carbono atmosférico se han incrementado principalmente por dos actividades humanas: el cambio de uso de la tierra y la combustión de fósiles.

En las condiciones del ecosistema de bosque natural del Jardín Botánico de Cienfuegos y dos agroecosistemas en sus áreas aledañas, se hace necesario conocer cómo influyen los diferentes usos de suelos sobre el contenido de carbono y de estos sobre las propiedades químicas, lo cual permitirá que se tomen medidas que mejore su capacidad productiva y la fertilidad del suelo.

Problema Científico:

¿Cómo influirá el uso de suelo sobre el contenido de carbono orgánico con propiedades del mismo en un bosque natural del Jardín Botánico de Cienfuegos y dos agroecosistemas en áreas aledañas?

Hipótesis:

El conocimiento del contenido de carbono orgánico del suelo en el ecosistema del bosque natural del Jardín Botánico de Cienfuegos y dos agroecosistemas en áreas aledañas, permitirá conocer el efecto del uso del suelo sobre esta propiedad.

Objetivo general.

Evaluar el efecto del uso del suelo sobre el contenido de carbono orgánico y su relación con algunas propiedades químicas del suelo.

Objetivos específicos.

- Caracterizar el ecosistema del bosque natural y dos agroecosistemas en áreas aledañas al Jardín Botánico.
- Determinar la relación del uso de suelo con el contenido de carbono orgánico.
- Determinar la relación del carbono orgánico con algunas propiedades químicas del suelo estudiadas.

Justificación

El estudio permitirá conocer el efecto de la variación de los usos de suelo sobre el contenido de carbono orgánico y creará fundamentos científicos que contribuyan a conservar los suelos y protegerlos de la degradación.

Capítulo I. Revisión bibliográfica.

El suelo como recurso natural. Uso agrícola.

El suelo está constituido por elementos minerales, cristalinos o amorfos; orgánicos o seres vivos; agua y aire, es por tanto un medio complejo y dinámico que evoluciona bajo la influencia de factores externos (hidrosfera, atmósfera y biosfera). Sus propiedades se adquieren progresivamente bajo la acción combinada de esos factores: la roca madre se altera bajo la influencia del clima y de una vegetación pionera, la materia orgánica se mezcla al suelo, los minerales de la roca se alteran, la materia orgánica se degrada lentamente primero en humus fresco, finalmente en ácido carbónico, agua, amoníaco y nitratos. (Urquiza et al., 2011).

Otra definición del suelo es la expuesta por Arzola et al. (2013) en la que se considera como un cuerpo natural compuesto de una parte sólida (materia mineral y orgánica), líquido y gaseoso que se presenta en la superficie de la tierra y presenta horizontes o capas y está en capacidad de sostener la vida. Dicho término ha tenido varias acepciones según la actividad del hombre de que se trate: para un agricultor, es el lugar donde sembrará y cosechará; para un geólogo, la capa de la litosfera que él estudia; para un constructor, el sitio donde se ubicarán sus construcciones; para un agrónomo, el sustrato donde existen sus cultivos.

Es un componente fundamental en los ecosistemas terrestre para la nutrición y soporte de las plantas. Su conservación y buen manejo depende de la sostenibilidad de la producción de alimentos y la seguridad alimentaria de las futuras generaciones (Vandermeer, 2011). Actúa como medio filtrante amortiguador y transformador; es el hábitat de miles de organismos y es donde se llevan a cabo los ciclos biogeoquímicos. (Huerta, 2010)

El Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), reporta en el 2014 que los cambios de las propiedades físicas, químicas y biológicas que se producen en los suelos de Cuba se deben a las acciones del hombre y/o por la acción del cambio climático, los daños causados por estas actividades antropogénica estuvieron relacionadas con el desarrollo social y científico técnico del país. Según (Rodríguez, 2016) el 76% de todas las áreas agrícolas de Cuba son suelos pocos productivos, un 14,9% están afectados por la salinidad y/o sodicidad y un 31% tienen bajo contenido de materia orgánica.

La agricultura de conservación está creciendo en todo el mundo de forma exponencial, cubriendo en 2014 un área de 155 millones de hectáreas, correspondiendo al 11% del área

agrícola; en algunas de estas áreas existen experiencia de 50 años de aplicación continua del concepto, permitiendo valorar los impactos productivos y ecológicos en el comportamiento natural del suelo. (Kassam et al., 2014).

Principales factores limitantes de la productividad de los suelos.

De las propiedades químicas, físicas, físico-químicas y biológicas del suelo depende en gran medida el cultivo, el manejo agronómico a utilizar y el rendimiento que es posible alcanzar. (Arzola et al., 2013). A continuación, se muestran los principales factores que limitan la productividad de los suelos son:

Profundidad Efectiva: la profundidad efectiva es aquella a que las raíces pueden llegar sin encontrarse con ninguna barrera que impida su paso, esta barrera puede ser física, como por ejemplo una capa compacta, piedras, o de otro tipo, por ejemplo, un manto freático alto, una capa con exceso de carbonatos o alguna sustancia que le resulte tóxica a las raíces (Arzola et al., 2013). Es una de las características de la tierra que más influye en el desarrollo radical de los cultivos, puede estar determinada por:

- Horizontes endurecidos (compactación, pedregosidad, sodicidad, concrecionamiento)
- Toxicidad (provocada por acidez, salinidad)
- Deficiencia de oxígeno (gleyzación, cercanía de un manto freático).

Hernández et al. (2005), consideran que “es el espesor del suelo que mantiene una consistencia friable, que permite el desarrollo y penetración de las raíces de las plantas. Puede coincidir o no con la profundidad del suelo y sus valores estarán en dependencia del cultivo que se evalúe”.

Un suelo poco profundo tiene menor contenido de arcilla y materia orgánica y por tanto menor fertilidad, menor capacidad de retención de humedad y de hecho un lecho mucho más delgado para el desarrollo del sistema radicular. (Urquiza et al., 2002)

Textura del suelo: está determinada por la proporción de los tamaños de las partículas que lo conforman, por ello se usan varias clasificaciones. Las partículas del suelo se componen de arena, arcilla, franco, franco-arenosa, limo y grava (Madero et al., 2003). Los suelos de textura arenosa y franco arenosa generalmente son más pobres, tienen poca retención de humedad y su fertilidad está limitada. (Hernández et al., 2005)

La textura del suelo no puede alterarse fácilmente, se considera la propiedad fundamental del mismo y la que determina, en alto grado, su valor económico. (Ojeda et al., 2007)

Humedad del suelo: es la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un terreno. (Bot, 2005) En cambio los regímenes hídricos son el movimiento del agua del suelo, el que se realiza mediante el estudio en estaciones permanentes durante 7–10 años, midiendo sistemáticamente la humedad de suelo por el perfil (Arzola et al., 2013). La baja capacidad de retención de humedad y sus agentes causales es consecuencia de los factores siguientes:

- a) Contenido de arcilla.
- b) Tipo mineralógico de la fracción arcillosa, particularmente el contenido de hierro.
- c) Contenido de materia orgánica.
- d) Profundidad del manto freático.

Relieve: según Hernández et al. (2005) “es un elemento importantísimo en la redistribución de la humedad y el calor. Influye por el grado de pendiente en:

- Erosión potencial de los suelos.
- Accesibilidad a la zona de cultivo.
- Aplicación de la mecanización.
- Recolección de la cosecha”.

Rocosidad y Pedregosidad: están constituidas por minerales duros y compactos. Arzola et al. (2013) explica que estos conglomerados tienden a disminuir la capacidad productiva del suelo, pues reducen el volumen de tierra puesta a disposición del cultivo, la cohesión entre partículas y la ascensión capilar; por tal razón, queda menos agua disponible para las raíces.

Erosión: Torres (2008), lo define como un proceso que alteran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, las cuales, afectan los procesos que regulan la productividad de los ecosistemas agrícolas. En el actúan agentes climáticos, por ejemplo, el agua que provoca la erosión hídrica y el viento que provoca la erosión eólica. Actúan en el espesor de la capa superficial o capa arable, provocando que se laven y remuevan los elementos nutricionales del suelo, como son la materia orgánica y la biota edáfica. Por ello, se le conoce como la forma más completa e integral de degradación de los suelos.

Causan grandes pérdidas en la capa arable del suelo, provocando que se pierda su fertilidad natural, por ello se debe evitar dicho proceso para conservar la profundidad efectiva del suelo (Arzola et al., 2013).

Es uno de los factores que más afecta los suelos de Cuba y la que ha provocado que se produjera de forma acelerada pérdidas de suelos, fundamentalmente por efecto de las lluvias, o sea erosión hídrica. (Urquiza, 2002).

Proceso de degradación de los suelos. Factores actuantes.

El suelo es la capa superficial de la tierra y por su lenta tasa de formación (100-400 años/cm de suelo para algunos autores) se le considera un recurso no renovable, por tanto, debe preservarse. Según, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2002) alrededor del 15% de la superficie del planeta se ha degradado, por ello, se hace frecuente encontrar suelos cuya degradación se considera irreversible.

Esto conlleva a una pérdida de su potencial productivo por el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas. Lo cual esta, íntimamente ligada a la intensidad de su uso, a las prácticas de cultivo irresponsables y al conocimiento que se tenga del mismo. La vida de los seres en el planeta Tierra, al igual que la subsistencia del agricultor, depende de la conservación y del empleo que se haga del suelo y del agua. (Madero et al., 2003).

Las causas de la degradación de suelo son múltiples, la gran mayoría se originan del mal manejo que se les han dado a través del tiempo, la explotación inadecuada, las prácticas agrícolas poco sustentables, el sobrepastoreo y la deforestación. Convirtiéndose así, en uno de los problemas más serios que presenta la agricultura, lo que trae consigo el detrimento de los rendimientos agrícolas. (Torres, 2008).

En el mundo existen extensas áreas consideradas como ecosistemas frágiles, en las cuales los procesos degradativos de los suelos se manifiestan en diferentes magnitudes, siendo la erosión, desertificación, salinización, compactación, contaminación, sequía, exceso de humedad, acidificación y pérdida de materia orgánica, problemas actuales que amenazan con destruir la fertilidad del suelo, recurso natural que requiere de un período de formación tan prolongado, que puede considerarse no renovable. (Pérez et al., 2016).

El 14% de la degradación mundial ocurre en Latinoamérica y el Caribe (LAC), siendo más grave en Mesoamérica, donde afecta al 26% de la tierra. Las principales causas de la degradación incluyen la erosión hídrica, la aplicación intensa de agroquímicos y la deforestación, con cuatro países de LAC que tienen más del 40% de su territorio nacional degradado y con 14 países con un porcentaje de entre 20% y 40% del territorial nacional degradado (Beekman, 2015).

Según, Tamayo (2005) los suelos, como recurso natural, se encuentran dentro de los problemas ambientales de mayor deterioro en el archipiélago cubano. Resultado de siglos de explotación continuado haciendo empleo de tecnologías agresivas e ineficientes, como el uso

de pesadas máquinas y sistemas de riego inadecuados, sin aplicar medidas que favorezcan su protección, conservación y mejoramiento.

Actualmente más del 40% de los suelos cubanos presentan afectaciones por erosión, lo cual es alarmante porque una de las consecuencias principales provocadas por este proceso es la disminución del rendimiento agrícola y dado a que el suelo es un patrimonio de la nación, el estado cubano ha emitido normas legales para que su uso y manejo se lleve a cabo sin acciones que lo degraden, de modo que prevenir su deterioro es más eficiente y eficaz que invertir en su recuperación, por ello (Vallejo, 2013) resalta la importancia de la aplicación de técnicas de manejo que tiendan a la utilización sostenible del mismo, apropiadas a su estado y condición, así como, también aquellas que le permiten ser fuentes de servicios ambientales.

González et al. (2014) citando al CITMA (2000) aseveran que en Cuba la degradación de los suelos ha estado influenciada históricamente por el mal uso y manejo de las tierras por el hombre, lo que ha originado que del área total de tierras el 14,1 % estén afectadas por salinidad, un 23,9 % por erosión, en el 14,5 % actúan ambos factores a la vez y el 7,7 % presenta degradación de la cubierta vegetal.

Ciclos Biogeoquímicos del Carbono.

La biogeoquímica es la ciencia que estudia la circulación de nutrientes en la biosfera, un aspecto clave de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas. El flujo de energía y la circulación de nutrientes están indisolublemente ligados. Los enlaces C-C de las moléculas orgánicas son la principal forma de almacenamiento y transferencia trófica de la energía (Piñeiro, 2006).

Los ciclos biogeoquímicos o ciclos de nutrientes son movimientos de sustancias químicas que se encuentran en el ambiente en estado activo las cuales circulan constantemente permitiendo la vida sobre el planeta (Maruri, 2009).

Estos ciclos tienen dos fases: la ambiental que se relaciona con los nutrientes que están en el suelo, el agua, el aire; y la orgánica, en la cual los nutrientes comienzan a formar parte de los tejidos de organismos vivos (Gómez, 2002).

Dos ciclos biogeoquímicos muy alterados por la actividad antropogénica son el del carbono y el del nitrógeno, lo que ha contribuido a la afectación actual en la fertilidad del suelo, aunque la degradación de los suelos se ha originado por muchos factores. (Pérez et al., 2016)

El movimiento de las moléculas de carbono de la atmósfera hacia las plantas y el suelo se conoce como el ciclo del carbono. Las plantas obtienen carbono de la atmósfera a través de la fotosíntesis. Al utilizar el dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera y la energía del sol, las plantas convierten el CO_2 en carbono orgánico mientras producen tallos, hojas, y raíces. El ciclo de vida y muerte de las plantas tiene como resultado la acumulación de tejido vegetal en descomposición, tanto superficial como subterránea (raíces vegetales), produciendo una importante cantidad de carbono orgánico en el suelo (McVay y Rice, 2002).

El ciclo del carbono es uno de los ciclos biogeoquímicos donde el carbono sufre distintas transformaciones a lo largo del tiempo. Este elemento se encuentra depositado en todas las esferas del sistema global en diferentes formas: en la atmósfera como CO_2 , metano (CH_4) y otros componentes; en la hidrosfera, en forma de dióxido de carbono disuelto en el agua; en la litósfera, en las rocas y en depósitos de carbón, petróleo y gas; en la biosfera, en los carbohidratos; en la antropósfera, en diferentes formas en los objetos creados por la sociedad. (Gómez, 2002).

El carbono es reciclado entre los principales reservorios: la atmósfera, la tierra, las rocas y los sedimentos, los océanos y otros sistemas acuáticos; conociéndose así que la mayor cantidad de carbono está presente en los sedimentos y en la corteza terrestre. Este ciclo juega un papel importante en la regulación del clima del planeta. (Gómez, 2002).

El carbono se encuentra en la atmósfera en pequeñas cantidades, pero es de allí de donde lo toman las plantas para incluirlo en los seres vivos mediante la fotosíntesis. Los animales, que han consumido de forma directa o indirecta las plantas, lo depositan en el suelo a través de las excretas o al morir, liberándose también en este caso en forma de dióxido de carbono a la atmósfera. Algunas veces se convierte en depósitos de combustible fósiles. (Maruri, 2009).

Para (Arzola et al., 2013) este ha sido uno de los ciclos más afectados a nivel planetario por el denominado efecto invernadero, en el cual intervienen diferentes gases (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, cloro, flúor, carbonos, ozono y vapor de agua).

El flujo de carbono de la superficie terrestre con la atmósfera es algo mayor que con los océanos; y representa el 90% del flujo anual entre la atmósfera y la Tierra, de ahí el papel primordial que los ecosistemas terrestres, especialmente los bosques, juegan en el ciclo de carbono. (Pardos, 2010).

Se estima que el 80% del carbono que la vegetación y suelos intercambian con la atmósfera corresponde a los bosques. Estos, al incorporar el carbono en el crecimiento de los árboles, actúan como sumideros y juegan un papel importante en el balance de carbono,

contribuyendo a reducir el contenido en la atmósfera del CO₂ procedente de las emisiones antropogénicas. Existe un contenido de carbono en el suelo mayor que en la vegetación para todos los biomas, salvo en los bosques tropicales en los que el contenido en la vegetación se iguala con el del suelo y sobrepasa con mucho al de la vegetación de cualquier otro bioma. (Pardos, 2010).

La absorción del carbono por los ecosistemas terrestres, principalmente los sistemas forestales, es el resultado de la diferencia entre el carbono absorbido y el emitido a la atmósfera por cambios de uso de la tierra. (House et al., 2003).

El dióxido de carbono y otros gases con efecto invernadero afectan directamente a los procesos biológicos en los árboles y, en general, a la ecología de los ecosistemas forestales (Karnosky et al, 2001). El secuestro de carbono puede reducir considerablemente el efecto de estos gases y contribuir a la sostenibilidad de los agroecosistemas, ya sea por la reducción de emisiones contaminantes por concepto de carbono equivalente o el mejoramiento de propiedades físicas del suelo. (Hernández et al, 2013).

El Carbono Orgánico del Suelo.

El carbono orgánico del suelo (COS) se encuentra formado por compuestos de diversa naturaleza química y estado de descomposición, interviene en las propiedades químicas del suelo, aumenta la capacidad de intercambio catiónicos (CIC) y la capacidad tampón sobre la reacción del suelo (pH). En condiciones naturales el carbono (C) se incorpora al suelo a través del aporte continuo de material orgánico, principalmente de origen vegetal; en suelos cultivados el mayor aporte de carbono ocurre con los residuos de cosecha. Se puede perder en forma gaseosa (CO₂, CH₄) por difusión directa hacia la atmósfera. (Martínez et al., 2008). Todos los organismos vivos presentes en el suelo acumulan carbono en forma de compuestos orgánicos, ese carbono se derivó, en el caso de la macro y meso fauna y de los microorganismos heterótrofos, del anhídrido carbónico incorporado a la biomasa de organismos autótrofos que le sirvieron como alimento; por ello, como ganancia neta de carbono solo deben considerarse estos últimos, es decir todos los que realizan fotosíntesis. Los restos de todos estos organismos contribuyen a incrementar el contenido orgánico del suelo, mejorando su fertilidad y almacenando carbono en una forma beneficiosa para el hombre (Arzola et al., 2013).

Es el mayor componente de la materia orgánica del suelo y la fuente principal de CO₂. Se encuentra en las células de los microorganismos, en los residuos de vegetales y animales en diversos estados de descomposición y en compuestos casi inerte y altamente carbonizados como el carbón vegetal o el grafito. (Pérez et al., 2016) Se captura y almacena en la parte subterránea de los ecosistemas terrestres. El 75% del carbono de los ecosistemas se encuentra en el suelo, como biomasa de raíces o en formas estables, como compuestos geoquímicos (Acosta et al., 2001).

El carbono almacenado en el suelo y en los residuos vegetales de los ecosistemas forestales constituye una parte importante de las reservas totales de carbono. A escala mundial, el carbono del suelo representa más de la mitad del carbono almacenado en los bosques. Cabe señalar, sin embargo, variaciones importantes entre distintos ecosistemas y tipo de bosque (Pérez et al., 2016).

El carbono orgánico en el suelo (COS) afecta la mayoría de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo vinculadas con su calidad, capacidad productiva y sustentabilidad por lo que en un manejo sustentable este debe mantenerse o aumentarse (Acevedo y Martínez, 2003). Sin embargo, establecer una clara relación de dependencia entre el COS y la productividad del suelo es complejo.

Acumular carbono orgánico en el suelo, significa mejorar las propiedades del mismo y su capacidad para producir biomasa y paralelamente disminuir la contaminación de la atmósfera y la hidrosfera con compuestos de carbono (Pérez et al., 2016).

Fernández et al. (2006) considera que aproximadamente 50% del peso seco de la materia orgánica (M.O) es carbono orgánico. En el medio ambiente su ciclo está estrechamente ligado al flujo de energía, debido a que las principales reservas de energía de los organismos son compuestos de carbono reducidos que han derivado de la fijación del CO₂ atmosférico, ya sea por medio de la fotosíntesis o, con menor frecuencia de la quimiosíntesis. Las plantas y los animales que mueren son desintegrados por los microorganismos, en particular bacterias y hongos, los cuales regresan el carbono al medio en forma de dióxido de carbono. El flujo de carbono de la superficie terrestre con la atmósfera es algo mayor que con los océanos; y representa el 90% del flujo anual entre la atmósfera y la Tierra, de ahí el papel primordial que los ecosistemas terrestres, especialmente los bosques, juegan en el ciclo de carbono. (Pardos, 2010). Según Arzola et al. (2013) el bosque natural acumula más carbono en la biomasa sobre el suelo y en el suelo, debido a que estos tienen gran diversidad de especies de flora y fauna que sirve de abrigo a muchas comunidades humanas.

La principal reserva de carbono de la biosfera y constituye la principal fuente de carbono y nitrógeno en los ecosistemas terrestres; de su conservación depende en gran medida la vida del planeta. Para conservarla es necesario dirigir el proceso de transformación de los restos orgánicos hacia la formación de sustancia húmicas estables y con ello disminuir la emisión de gases a la atmósfera, contribuyendo a atenuar el efecto invernadero y a elevar la productividad de los ecosistemas terrestres (Martínez et al., 2008).

La forestación de suelos agrícolas y el manejo de las plantaciones forestales pueden mejorar el contenido de carbono en la materia orgánica del suelo. El contenido de carbono orgánico en el suelo resulta de la diferencia entre la aportación de restos orgánicos de los seres vivos y su pérdida por la actividad respiratoria en el suelo causante del flujo de CO₂ a la atmósfera; que, en el ciclo global de carbono, ocupa el segundo lugar en magnitud. El conocimiento de la concentración de CO₂ y la respiración (autotrófica y heterotrófica) en el suelo y su evolución ante el calentamiento global se consideran, por tanto, vitales para predecir respuestas al cambio climático. (Hedde et al., 2008).

Los autores consideran que el CO₂ que los árboles jóvenes absorben mediante el proceso de fotosíntesis (captura de carbono) en cierta superficie, es menor que la emisión de gas desde esa misma superficie, generándose un balance negativo, esta situación se suma al balance negativo que existe entre la emisión de CO₂ desde distintas fuentes (agricultura, generación de energía, industria, transporte, usos domésticos, entre otros) ,lo cual permite que haya una acumulación neta de este gas en la atmosfera.

Actualmente el secuestro de carbono del suelo ha sido aceptado en muchos países del mundo con el objetivo de contribuir a la reducción de la contaminación ambiental, creando conciencia en las personas para lograr la estabilidad de sus terrenos y además mejorando su producción creando así un ambiente de bienestar de una manera sostenible. En general, las prácticas de manejo que incrementan el carbono orgánico del suelo también reducen la erosión del suelo, incrementan la producción y mejoran los recursos naturales (Espinoza, 2005).

Este autor asegura que el COS, interviene en las propiedades químicas del suelo, aumenta la capacidad de intercambio catiónico y la capacidad neutralizante sobre la reacción del suelo (pH), producto de la mineralización de la materia orgánica del suelo, se liberan diversos nutrientes para las plantas, muchos de los cuales son aportados en forma deficitaria por los minerales del suelo.

West y Six, (2007) plantearon que el secuestro del carbono atmosférico en la materia orgánica, pudiera contribuir significativamente a los esfuerzos de adhesión al Protocolo de Kyoto. Dado que la respiración en el suelo es un importante componente de la producción neta del ecosistema, ha dado lugar al desarrollo de un buen número de investigaciones en las que se han estudiado los efectos de diversos factores (temperatura, humedad y textura del suelo, masa radicular, tipo de bosque, vegetación) que influyen sobre el contenido y flujo del carbono del suelo y sobre su evolución espacial y temporal.

(Pérez et al. 2016) en el mundo se habla sobre la captura de carbono en los suelos como una alternativa para disminuir la emisión de gases con efecto invernadero y mejorar la calidad de los suelos. Es de conocimiento científico que determinadas prácticas agrícolas contribuyen al desprendimiento de CO₂ a la atmósfera; por ejemplo, mediante la combustión de biomasa no solo se aporta anhídrido carbónico, sino también óxidos de nitrógeno y de azufre; la fertilización nitrogenada se asocia con la formación de óxidos de nitrógeno; en tanto que en las regiones donde se cultiva el arroz bajo riego, se desprende metano en grandes cantidades.

El contenido de carbono orgánico en el suelo se puede perder hacia la atmósfera o hacia la hidrosfera, mediante la eutrofización y la mineralización. Según Arzola et al. (2007) el carbono liberado hacia la atmósfera producto a las actividades antropogénicas del hombre pudo haberse perdido producto de la lluvia y se almacenan en las aguas de poca o nula movilidad, este proceso es conocido por eutrofización. Ello ocurre cuando los nutrientes y partículas del suelo llegan y se acumulan en las aguas superficiales de lento movimiento. Esto ocasiona, un crecimiento rápido de las algas fotosintéticas, que por encontrarse superficialmente absorben la luz solar e impiden que penetre a profundidad, lo que provoca, un incremento de microorganismos que consumen el oxígeno del agua. La falta de oxígeno ocasiona la muerte de peces e inhibe la descomposición (oxidación) de la materia orgánica que se acumula en el fondo.

A mineralizarse la materia orgánica, esta se pierde hacia la atmósfera en forma de CO₂, lo que provoca un calentamiento global con las consecuencias negativas del cambio climático. Esto induce a que se derritan parte de los hielos en los casquetes polares y se incremente el nivel del mar hasta inundar zonas pobladas (Arzola et al., 2007).

Estos gases, que tienen efecto invernadero, han incrementado su concentración en la atmósfera debido a la actividad antropogénica del hombre (Arzola et al., 2013). El aumento de la concentración del CO₂ atmosférico es el principal inductor del cambio climático hay que

concretar como líneas de actuación para contrarrestar esta evolución, por un lado, una reducción de las emisiones de CO₂ y de los otros gases de efectos invernaderos (GEI) hacia la atmósfera, y por otro, un aumento de su captura de la atmósfera y su almacenamiento en el suelo. (Muñoz, 2012)

En el año 1997 el Protocolo de Kyoto recomendó a los países desarrollados, reducir el total de las emisiones de esos gases invernaderos a un nivel no menor del 5%, con respecto al de 1990, en el período de compromiso comprendido entre los años 2008 y 2012. En dicho protocolo las capturas de carbono en los suelos se observan en los artículos 1.3 y 1.4, los cuales están referido al uso de la tierra, al cambio en el uso de la tierra y forestación. Además del impacto ambiental, la captura de carbono en los suelos puede tener grandes impactos económicos y sociales. Ambientalmente, también se espera que esta medida ayude a prevenir o disminuir la degradación del suelo. (Castro, 2006).

Para restablecer el equilibrio inicial se hace imprescindible reducir las emisiones de los gases de efectos invernaderos, y por otra incrementar la fijación del carbono en el suelo. Según Muñoz (2012) hay tres pilares básicos, desde el punto de vista agrícola, sobre los que se fundamenta la posible recuperación del equilibrio entre el CO₂ captado de la atmósfera y el desprendido desde el suelo y son:

- El aumento de la biomasa y de la producción de los cultivos por la introducción de nuevas variedades y rotaciones de los mismos, por un incremento de la eficiencia de los fertilizantes y por una ampliación de la superficie de regadío.
- El incremento de la materia orgánica del suelo y una menor tasa de mineralización, por tanto, una menor liberación de CO₂.
- El ahorro de combustibles fósiles en la agricultura, disminuyendo las labores agrícolas y utilizando maquinaria. de menor potencia.

Existen prácticas agronómicas que favorecen la captura del carbono en el suelo (West y Post, 2002), como la labranza de conservación, que incluye a las cero labranzas, constituyendo un sistema de manejo de suelos que tiene una alta capacidad potencial para secuestrar Carbono en el suelo.

Muchos países desarrollados, como son: Japón, Estados Unidos de América, China, Canadá, Unión Europea, entre otros; están tomando como medida para contrarrestar efectos de los gases invernaderos en la atmósfera, por ello se estableció como alternativa una propuesta del gobierno de Japón, de pagar bonos por establecer plantaciones de árboles. Implementándose en los países subdesarrollados por ser más económico el terreno y la

mano de obra. Ejemplo de ello, según lo planteado por Alimonda (2010) en Arzola et al. (2013), Barak Obama, anunció que cancelaría gran parte de las deudas financieras a cambio de protección forestal a los siguientes países: Brasil, Bangladesh, Botsuana, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Indonesia, Jamaica, Panamá, Paraguay, Perú y las Filipinas. Debido a que la deforestación es responsable del 20% de las emisiones de efecto invernadero, por lo que se hace necesario disminuir las actividades agrícolas a cero en lugares como Brasil e Indonesia, los cuales se califican como el primer y segundo emisor de estos gases.

Según los autores antes referidos, el costo de reducciones de emisiones de carbono por tonelada en USD sería, aproximadamente: \$164 en Estados Unidos, \$260 en Europa y \$277 en Japón; mientras que, en los países en desarrollo el costo marginal podría llegar a \$28 la tonelada. Siendo Costa Rica, uno de los países pioneros en el desarrollo y venta de créditos de reducción de emisiones, resultado de convertir pastizales y campos cultivados en bosques.

La Materia Orgánica del Suelo.

Se conoce como materia orgánica (MO) del suelo a un conjunto de residuos orgánicos de origen animal y vegetal, que están en diferentes etapas de descomposición, y que se acumulan tanto en la superficie como dentro del perfil del suelo. Incluye una fracción viva, o biota, que participa en la descomposición y transformación de los residuos orgánicos (Aguilera, 2000).

Un rasgo esencial que diferencia a los suelos de muchos materiales geológicos es la presencia de materia orgánica. La acumulación de la materia orgánica, generalmente, conduce a una mayor fertilidad, con la cual el mayor contenido resultante de humus a menudo sirve como primer indicador de suelos fértiles, además juega una importante función en el comportamiento físico de los suelos (Pérez et al., 2016). Además, contribuye a la formación y estabilidad de los agregados más que ningún otro factor. La agregación aumenta la porosidad, aireación, infiltración y percolación del agua, disminuye la escorrentía y el riesgo de la erosión. Además, mejora la capacidad de retención de humedad, disminuyendo la densidad aparente del suelo lo que permite un mayor desarrollo y penetración de las raíces y mejora la porosidad en los suelos compactados. (Tejeda, 2013). Cuando los suelos tienen condiciones aeróbicas favorables, una parte importante del carbono (C) que ingresa al

suelo es lábil y se mineraliza rápidamente, y una pequeña fracción se acumula como humus estable. (FAO, 2001).

Producto de la mineralización de la MOS, se liberan diversos nutrientes para las plantas, muchos de los cuales son aportados en forma deficitaria por los minerales del suelo. La mantención de los residuos de cosecha contribuye a la acumulación de COS, los materiales orgánicos de los tejidos de hojas, tallos y raíces aportan polímeros complejos como celulosa y lignina (Martínez et al., 2008).

Las prácticas de manejo que alteran el rendimiento de los cultivos y la productividad de los suelos pueden afectar la superficie del suelo con los consiguientes efectos en el secuestro de carbono y las emisiones de gases de efecto invernadero (West y Marland, 2003).

Es fuente de diferentes nutrientes, mejora las propiedades físicas, físico-químicas y biológicas del suelo, lo que beneficia la asimilación de nutrientes por los cultivos. La vegetación toma nutrimentos del suelo, forma biomasa y sus restos orgánicos se incorporan de nuevo suministrando nutrimentos y humus. La reforestación, protege con ello el suelo y almacenan carbono en la biomasa de la planta y en la materia orgánica del suelo, contrarrestando con ello el efecto invernadero (Arzola et al., 2013).

Para Arzola et al. (2013) el contenido de materia orgánica está muy relacionado con el de nitrógeno del suelo, ya que más de un 95 % del nitrógeno total del suelo es orgánico. La materia orgánica representa la reserva de este nutriente en el suelo, la que disminuye con el transcurso de las cosechas. La dirección Nacional de suelos del Ministerio de la Agricultura (1975), encontró entre la materia orgánica y el nitrógeno total del suelo un coeficiente de correlación de $r=0.99^{**}$; lo que significa que la materia orgánica de los suelos cubanos contiene un 5.5 % de nitrógeno total.

Como componente principal de la materia orgánica del suelo, la determinación del carbono orgánico sirve indirectamente para calcular la materia orgánica usando un factor de corrección aproximado. El factor 1,724 se ha utilizado durante muchos años para tal fin y se basa en la aceptación de que la materia orgánica contiene 58% de C orgánico. La proporción del C orgánico en la materia orgánica del suelo para un conjunto de suelos es muy variable, por lo cual todo factor constante que se seleccione es solamente una aproximación. El factor 1,724 ha sido incorporado en la mayoría de los países como valor estándar para la conversión de carbono orgánico a materia orgánica. (Pérez et al., 2016)

El papel de los ecosistemas y los agroecosistemas

Según Gómez (2002), un ecosistema es la comunidad de organismos vivos y no vivos que existen en un medio natural, y las relaciones que se establecen entre ellos. Está integrado por factores: abióticos (clima, temperatura, suelo, luz, agua) y bióticos: productores (plantas y algas microscópicas), consumidores (animales), descomponedores y transformadores (bacterias, hongos y otros). En los procesos de interrelación entre los componentes de un ecosistema intervienen la energía solar, el aire, el agua y la tierra, además de los organismos vivos.

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) en el 2001, tienen como definición que los ecosistemas como sistemas naturales dinámicos están formados por un conjunto formado por los seres vivos y los elementos no vivos del ambiente y el medio ambiente físico donde se relacionan, manteniendo un intercambio constante de materia y energía que va pasando de un ser viviente a otro.

Socorro et al. (2004) definen que “un agroecosistema es la unidad ecológica principal que contiene componentes bióticos y abióticos que son interdependientes e interactivos y cada región tiene una configuración única de agroecosistemas que son el resultado de las variaciones locales en el clima, el suelo, las relaciones económicas, la estructura social y la historia, donde los términos agroecosistema, sistema agrícola y sistema agrario han sido utilizados para describir las actividades agrícolas realizadas por grupos de personas”. Son los resultados de la intervención humana sobre un ecosistema con fines productivos, siguiendo diferentes modelos de gestión, que son consecuencia, de una gran diversidad de esquemas culturales, técnicos, económicos o ambientales. (Capote, 2015).

La agroecología, más allá de la producción del sistema, propone una estrategia para diseñar agroecosistemas que sean productivos, resilientes, estables y sostenibles (Hernández, 2005). El manejo del suelo y el uso de plantas de cobertura son prácticas importantes en este sistema, con el creciente interés de los agricultores que buscan el aumento de su rentabilidad y mejoría de la calidad de vida en el medio rural, además de la preservación de la calidad productiva del suelo a largo plazo, por lo que es necesario generar información sobre la contribución de esas prácticas en la manutención de la calidad del suelo (Martínez., 2001c).

Según Sarandón et al. (2014) desde el punto de vista de la producción agroecológica, es esencial el uso de especies de plantas que produzcan alta calidad y cantidad de masa seca, como prácticas que permiten la reducción de la preparación del suelo. No obstante, es

necesario evaluar el impacto real de estas especies de cobertura y prácticas de manejo del suelo bajo este sistema de producción, en virtud de mantener o elevar la fertilidad del suelo en áreas bajo producción agroecológica y mejorar los rendimientos de los cultivos comerciales.

Los ecosistemas boscosos son espacios naturales que presentan elementos arbóreos en un área entre 30% y 100% de la cobertura vegetal; a su vez califica a los bosques como altos bloqueadores del dióxido de carbono (CO₂), a través del trabajo fotosintético. (IDEAM, 2001). Entre el 80 y 90% del carbono existente en los ecosistemas boreales están almacenados en forma de materia orgánica dle suelo, en tanto que en los bosques tropicales se encuentran distribuido en partes iguales entrela vegetación y el suelo (Pérez et al., 2016).

Los ecosistemas forestales se destacan por albergar gran parte de la biodiversidad terrestre, y ser su correcto funcionamiento esencial para el mantenimiento de dicha diversidad, a pesar de que los cambios climáticos suponen una de las principales alteraciones para su funcionamiento (Pardos, 2010). Los sistemas de vegetación (naturales, forestales inducidos y agrícolas) tienen capacidad de capturar y secuestrar carbono. Casi el 75 % del carbono de los ecosistemas se encuentra en el suelo, como biomasa de raíces o en forma estable, como compuestos geoquímicos. (Acosta, 2001).

Los agroecosistemas pueden tener mayor capacidad de fijar carbono que otros sistemas naturales e incluso que los bosques tropicales maduros (Rodríguez et al., 2009). Según Alegre et al. (2000), la capacidad de los ecosistemas agroforestales para almacenar carbono en forma de biomasa aérea varía en función de la edad, el diámetro y la altura de los componentes arbóreos como la densidad de población de cada estrato y por comunidad vegetal.

Los ecosistemas naturales se pierde al crearse un agroecosistema, y por ello se afecta el equilibrio biológico, apareciendo plagas que afectan los cultivos. (Arzola et al., 2013). Debido al manejo inadecuado de estos se ha degradado los suelos provocando grandes pérdida de su biodiversidad, y a su vez incremento la concentración de CO₂ en la atmósfera.(Woomer,1994 en Arzola et al., 2013).

Capítulo II. Materiales y Métodos.

2.1. Caracterización del ecosistema de bosque natural y dos agroecosistemas en áreas aledañas al Jardín Botánico.

Diseño metodológico de la investigación.

Se desarrolló una investigación “No experimental” en el periodo comprendido entre marzo de 2015 hasta mayo de 2017, donde se comparó el contenido de carbono del suelo en tres tipos de uso de suelo diferentes (bosque natural, área silvopastoril y área cultivada) en condiciones topográficas comparables, aplicándose métodos del orden teórico y práctico, entre los que destacan:

- Métodos del orden teórico: analítico – sintético, histórico – lógico e inductivo- deductivo y análisis documental.
- Métodos del orden práctico: observaciones directas, mediciones en el lugar, análisis de laboratorio.

Ubicación geográfica.

El municipio de Cienfuegos se localiza geográficamente en la porción centro-sur de la isla de Cuba. fig.1. Su centroide es de 559 941.50 m X y 255 425. 68 Y, pertenece a la provincia de Cienfuegos, limita al norte con los municipios de Palmira y Rodas y por el sur con el Mar Caribe, al este con el municipio Cumanayagua y al oeste con el municipio de Abreus. Su extensión territorial es de 340.1 Km² con una población de 406 847 habitantes (según ONEI, 2015, edición 2016).

El Jardín Botánico de Cienfuegos, se localiza en el consejo popular Pepito Tey a unos dieciocho kilómetros al este de la ciudad cabecera, Fig.1. Geográficamente posee coordenadas de punto medio de latitud 20° 07' norte y longitud de 80° 20' oeste, con una elevación de 50 msnm. Limita al norte con la Planta de Asfalto Enrique Cantero, al sur con la Empresa Agropecuaria Pepito Tey, al este con el río Arimao y la finca La Victoria y al oeste con el vial Cienfuegos-Trinidad.

Este jardín fue fundado a finales del siglo XIX por Edwin F. Atkins, radicado en Cuba, con la intención de fomentar un Centro de Investigaciones Botánicas para la mejora de las variedades de caña de azúcar existentes y la posibilidad de obtener nuevos cultivares, en el otoño del 1901 comienza sus labores bajo el nombre de "Harvard Botanical Station for

Tropical Research and Sugar Cane Investigation" (Estación Botánica de Harvard para la Investigación Tropical y de la caña de azúcar), contando con una extensión inicial de 4,5 ha., hoy posee 97 hectáreas. Es considerado el más importante de la Isla, por su antigüedad y por poseer valiosas colecciones de plantas completas, únicas de su tipo en América y otras regiones del planeta.

El ecosistema de bosque natural seleccionado para esta investigación se encuentra en las profundidades del Jardín Botánico de Cienfuegos, data desde 1933 y posee 7 ha de terreno, cuenta con una vegetación pródiga y exuberante ideal por no encontrarse afectado por las actividades antropogénica. Las áreas de cultivos varios y silvopastoreo se encuentran contiguas al área boscosa del Jardín y pertenecen a la finca La Victoria propiedad de Alfonso Curveira Hernández, destinadas para estos fines, desde el 2008. (Anexo. 4)

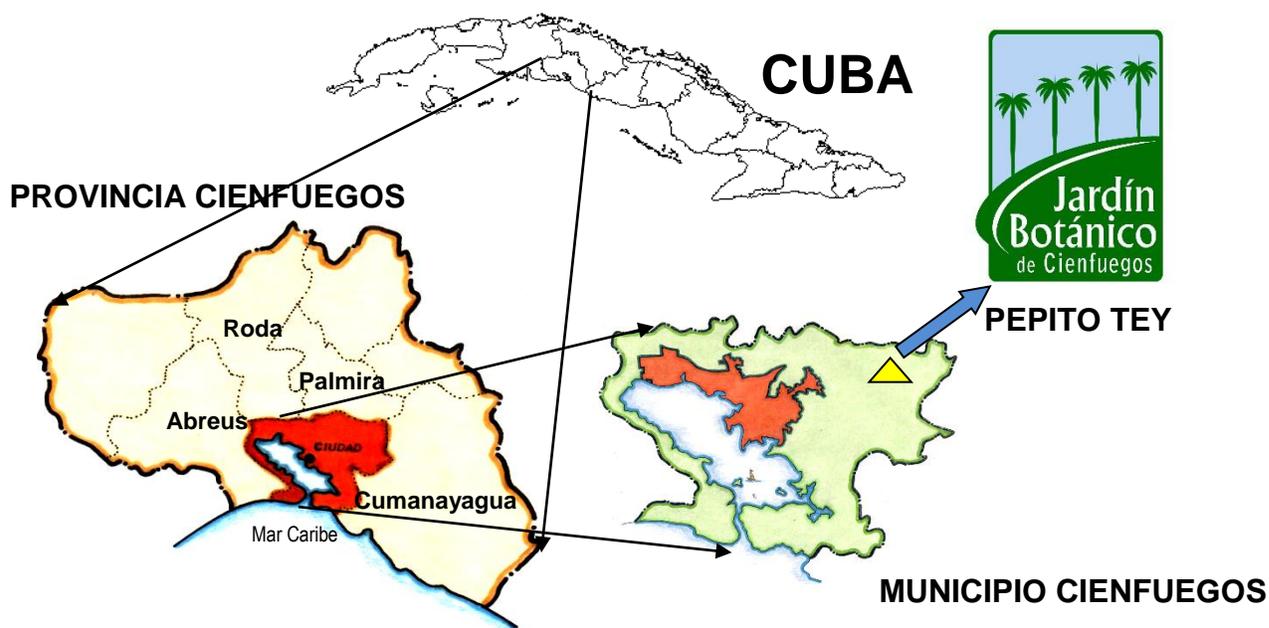


Fig. 1. Localización geográfica de Cienfuegos y del Jardín botánico.(Domínguez, 2012)

Como procedimiento de trabajo se comenzó efectuando un recorrido por toda el área, para determinar los lugares propicios para la realización de la investigación. En el caso del área del bosque se seleccionó un bosque que no haya sido afectado por la actividad antropogénica del hombre, ideal para este estudio de comparación de áreas con un mismo tipo de suelo, pero en diferentes condiciones de usos. En el trabajo de identificación de las

áreas objeto de estudio, se cumplió el carácter participativo y abierto con la entidad y el propietario.

Se realizaron recorridos a pie por el área para la observación y actualización de la información aportada por el perfil de suelo de la finca realizado en el estudio a escala 1: 25 000; realizándose posteriormente el muestreo agroquímico de los diferentes campos según la Metodología de García et al, aprobada por el INTA (2012), obteniéndose el material necesario para efectuar los análisis de laboratorio.

Los suelos en cada campo fueron descritos siguiendo el Manual para la Cartografía Detallada y Evaluación Integral de los Suelos (Hernández et al, 1995), y se clasificaron según la Segunda Clasificación Genética de los Suelos (IS, 1988); correlacionándose con la Nueva Versión de (Hernández et al, 2015) también se hizo empleo de las observaciones directas y las mediciones siguiendo las Instrucciones Metodológicas para el trabajo de Suelos en los Polígonos Demostrativos (IS, 2010); la profundidad efectiva medida con la barrena holandesa de muestreo de suelos, la pendiente se determinó empleando el nivel y la regla escala.

2.2. Determinación de la relación del uso de suelo con el contenido de carbono orgánico.

En cada una de las áreas seleccionadas se tomaron cinco muestras totalmente al azar (conformadas cada una por 15 sub muestras) a dos profundidades: de 0 a 20 cm y de 20 a 40 cm respectivamente, de lo que resultan un total de 30 muestras de suelos por cada campo de estudio, estas muestras fueron envasadas en bolsas de polietilenos, bien identificadas con una tarjeta de muestreo y enviadas al laboratorio de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) en Ranchuelo, provincia Villa Clara.

El muestreo de suelos se efectuó al azar en zigzag a lo largo de los campos, los factores analizados fueron: F1, uso de suelo con tres niveles (cultivos varios, silvopastoril y bosque) y F2 (profundidad del suelo), con dos niveles de profundidad (primer perfil: 0-20 cm y segundo perfil: 20-40 cm), con cinco repeticiones cada uno.

Para el procesamiento de los datos se utilizó el programa estadístico InfoStat (2009). Los datos del contenido de carbono y la humedad del suelo fueron sometidos a análisis de varianza y cuando la F calculada resulto significadamente superior a la F de la tabla, donde las medias fueron comparadas por el test de Tukey con un nivel de significación ($P < 0,05$). Se analizaron los estadígrafos: media aritmética, coeficiente de variación y error típico.

2.3. Determinación de la relación del carbono orgánico con algunas propiedades químicas del suelo estudiadas.

Para el desarrollo de este objetivo, primeramente, se hizo una serie de análisis agroquímicos el cuadro. 1. Informa de las Técnica analítica y las variables analizadas: carbono orgánico (C.O), humedad del suelo (hs), calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), sodio (Na^+), potasio (K^+), fósforo asimilable (P_2O_5), potasio asimilable (K_2O), acidez (pH KCl) y (pH H_2O) y acidez hidrolítica (Ach) para conocer las características químicas de los suelos y la influencia del laboreo y del accionar del hombre en los mismos. (Anexo. 3)

Cuadro. 1. Técnica analítica para determinar el comportamiento de estos índices químicos.

Elementos	Símbolos	Métodos
Acidez, pH	KCl	Se determinó por el Método Potenciométrico, se utilizó como solvente el Cloruro de potasio (KCl) 1 N, en una relación de 1:2,5 y se determinó el valor en el potenciómetro.
	H_2O	Método Potenciométrico, (se utiliza como solvente el agua, en una valoración de 1:2.5, determinando el valor en el potenciómetro).
	Hidrolítica (Ach) ($\text{cmol}^{(+)}.\text{kg}^{-1}$)	La muestra se trató con Na Ac 1N pH 8,2 (relación 1:2,5) se agitaron 1hora y posteriormente se filtraron. Una alícuota es valorada con Na OH 0,1N en presencia de fenolftaleína. Método Volumétrico.
Calcio Cambiables	Ca^{2+} ($\text{cmol}^{(+)}.\text{kg}^{-1}$)	Las muestras fueron tratadas con una solución de acetato de amonio (NH_4 Ac) 1N de pH 7, en una relación de 1:10, después de diez minutos de agitación se determinó en el extracto acuoso el Ca^{2+} y el Mg^{2+} por el método de absorción atómica. El Na^+ y K^+ por fotometría de llama.
Magnesio Cambiables	Mg^{2+} ($\text{cmol}^{(+)}.\text{kg}^{-1}$)	
Potasio Cambiables	K^+ ($\text{cmol}^{(+)}.\text{kg}^{-1}$)	
Sodio Cambiables	Na^+ ($\text{cmol}^{(+)}.\text{kg}^{-1}$)	
Fósforo asimilable	P_2O_5 (mg/100g)	Se determinó por el Método de Oniani, basado en la extracción de las sales de fósforo con Carbonato de Amonio al 1% ($(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$), con una relación Suelo-Solución 1:20 y la consiguiente determinación en el Fotocolorímetro.
Potasio asimilable	K_2O (mg/100g)	Se obtuvo por el Método de Oniani, con igual basamento al anterior y la determinación de la concentración del potasio (K) en el Fotómetro de Llama.
Carbono Orgánico	C.O (%)	Se realizó por el método Walkley- Black, donde su cuantificación se hizo colorimétricamente, la muestra fue oxidada con dicromato de potasio 1N y ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado.
Humedad del suelo	Hs (%)	Por Método Gravimétrico, en estufa a 105°C , hasta peso constante % (AOAC, 2005).

Para la determinación de la humedad se utilizó el método gravimétrico, donde se tomó 30 muestras de suelo en el campo mediante una barrena, a las profundidades deseada. Las muestras fueron colocadas en recipientes metálicos bien tapados y trasladados rápidamente al laboratorio para su pesaje. Se pesaron en una balanza que no admite un peso mayor de 120 gramos (g), los frascos vacíos se pesaron cada uno del 1 al 24; las placas petris tienen un peso de 30,8 g, ahí se pesaron las muestras 25 al 30. Se colocó en una estufa de 105⁰C durante 9 horas, pasado este tiempo se sacó de la estufa y se pesó obteniéndose el peso del suelo seco, a ello se le halló la diferencia. Mediante la fórmula conveniente se obtiene el % de humedad en el suelo, se expresa % de humedad en base del suelo seco. Coincide con la técnica descrita por la norma ramal 372/1980 de la Dirección de Suelos y Fertilizantes del MINAGRI (MINAGRI., 1984).

La fórmula para el cálculo de la humedad que se empleó fue la siguiente:

$$W = \text{PsH} / \text{Pss} \times 100$$

Donde:

W = % de humedad.

PsH = peso de suelo húmedo.

Pss = peso de suelo seco.

Para realizar las correlaciones bivariadas por el test de Pearson se empleó el paquete estadístico SPSS versión 21 para Windows, en el cual se relacionó el carbono orgánico con las propiedades, antes mencionadas, se efectuaron además ecuaciones de las regresiones lineales.

Capítulo III. Resultados y Discusiones.

3.1. Caracterización del ecosistema de bosque natural y dos agroecosistemas en áreas aledañas al Jardín Botánico.

Suelos. Tipos y descripción general.

Evaluados por la II Clasificación Genética de Suelos (IS, 1988), correlacionada con la Nueva Versión de Clasificación de (Hernández et al., 2015) al evaluar los suelos tanto del ecosistema como los dos agrosistemas indican la presencia de un suelo Pardo con Carbonatos Típico, con reacción positiva al ácido clorhídrico (HCl) a profundidad. El área dedicada a cultivos varios, reacciona a 40 cm por lo que se evaluó de muy lavado al igual que el área boscosa que reacciona a 50 cm, mientras que el área silvopastoril reacciona a los 32 cm y se evalúa de medianamente lavado. (Ver Anexo. 1).

Este resultado coincide con la planteado por Domínguez (2012) describiendo que dicho tipo de suelo, está formado a partir del proceso de evolutivo de Sialitización en un medio rico en Carbonato de Calcio, existe predominio de minerales arcilloso de tipo 2:1 (Montmorillonítica), la carbonatación y su lavado influyen en la formación y distribución del humus. Perfil del tipo A(B)C con coloración variable como es Pardo oscuro grisáceo, Pardo muy oscuro y Pardo grisáceo; ocupa relieve ondulado. El drenaje, tanto interno como externo es bueno. Presenta poca erosión y buen grado de lavado carbonatado al reaccionar positivamente al ácido clorhídrico desde la superficie. La clase textural arcilla, con predominio del tipo arcilloso 2:1, por ello su capacidad de cambio catiónico es de 25 – 55 cmol (+) kg⁻¹, considerada como ligeramente alta a alta, así como la fertilidad natural y la profundidad efectiva se evaluó de muy poco profundo (12 cm).

En el área boscosa existen abundantes rocas carbonatadas, las cuales están representadas por calizas y margas de color cremoso-amarillento y gris claro. Existen tobas, correspondientes a la formación Cantabria, de edad Cretácica Superior Maestrichtiano, en la cual los espesores varían desde 10 hasta 800 m de profundidad (Castañeda, 2002).

Relieve.

El bosque natural se encuentra situado en la región natural Llanura de Manacas-Cienfuegos, existen cuencas superpuestas y presencia de falla supuesta concordante e intrusiva, sobre sedimentos carbonatados-terígenos y ella alcanza los límites con la unidad tectónica regional de los Macizos de la Asociación Ofiolítica, intensamente triturados y también en parte con el Arco Volcánico Cretácico. Se observa la presencia de alturas con predominio de ascensos neotectónicos moderados, horst y bloques asociados a ascensos. En esta zona propiamente, desde el punto de vista geomorfológico, a la llanura acumulativa, se le une la llanura de tipo erosivo-denudativa ligeramente ondulada y ondulada, con altitudes entre 50 y 75 m, constituida por estratos sedimentarios predominantemente carbonatados entre calizas y rocas volcánicas (Ojeda et al, 2007).

Evaluación de los factores edáficos en condiciones de campo.

Desde el punto de vista Agroproductiva, la parcela dedicada a los cultivos varios se evaluó con Categoría Agroproductiva (CA) para la generalidad de los Cultivos de interés agrícola, mientras que a la silvopastoril le correspondió CA III, siendo recomendado su uso solo para pastos y forestales y el área de Bosques, dado la fuerte pedregosidad y rocosidad es solo recomendable para el uso que actualmente tiene, o sea pastos y forestales, con CA III. La tabla 1. muestra como influyó el uso de los diferentes suelos estudiados sobre las propiedades de estos que puedan llegar a limitar su productividad.

Tabla. 1. Influencia del uso del suelo sobre propiedades edáficas medibles por observación de campo.

Propiedad del suelo	Bosque		Silvopastoril		Cultivos varios	
Pendiente	Ligeramente ondulado	3,0%	Ondulado	6,0%	Ligeramente ondulado	4,0%
Drenaje superficial	Bueno		Bueno		Bueno	
Drenaje interno	Bueno		Moderado		Bueno	
Estructura	Granular		Terronosa		Granular	
Profundidad efectiva	Profundo	59cm	Medianamente profundo	32cm	Medianamente profundo	40cm
Erosión	Mediana	25%	Mediana	25%		
Gravas			Pocas	5,0%	Pocas	3,0%
Piedras	Muy pedregoso	12,0%	Pedregoso	3,0%	Moderada	0,1%
Rocas	Muy rocoso	30,0%	Rocoso	12,0%		
Porosidad	Poroso		Débil		Poroso	
Compactación	No compactado		Compactado		Ligera	

Leyenda

	Mejor o buena condición.
	Condiciones con mediana limitación.
	Condiciones con fuertes limitaciones.

Las parcelas de cultivo varios y silvopastoril presentan una moderada graviliosidad. Mientras que en las áreas del bosque natural y silvopastoril se encontraron grandes cantidades de rocosidad y pedregosidad, lo que dificultan las labores mecanizadas y las posibilidades de anclaje del sistema radicular, además de limitar posibilidades de uso del área donde es mayor la concentración tanto superficialmente como a profundidad. Estos factores, así como la compactación apreciada en la parcela silvopastoril limitan la profundidad efectiva del suelo a solo 32 cm, lo que lo hace solo recomendable al cultivo de pastos y forestales no exigentes; difiriendo este valor en las áreas de cultivos varios con 40 cm y de bosque natural que alcanza 50 cm de profundidad.

Como se aprecia en la Tabla.1 el resultado coincidente con Arce (2013) al caracterizar los suelos de la UBPC Limones, área no muy lejana a las que son objeto de este estudio, tanto en la parcela dedicada a los cultivos varios (CV) como al silvopastoreo, influenciada por factores naturales como la pendiente y antrópicos como el laboreo, se apreció los efectos del proceso erosivo, lo que influye en la pérdida de suelo, materia orgánica y nutrientes.

Vegetación.

Como vegetación natural en las parcelas de cultivos varios y silvopastoril se encontraron las especies: *Cynodon dactylon* L. (Hierba Fina), *Sorghum halepense* (L.) Pers. (Don Carlos), *Mimosa pudica* L. (Dormidera), *Acacia farnesiana* L. (Aroma), *Rottboellia cochinchinensis* Lour. Clayton (Zancaraña), *Waltheria indica* L. (Malva Blanca Común), *Ocimum sanctum* L. (Albahaca Morada), *Urena baccifera* L. Graud (Chichicate), *Petiveria alliacea* L. (Anamú), *Pseudelephantus spicatus* B.Juss. (Lengua de Vaca), los Helechos pertenecientes a la familia *Asteraceae* Bambú de a la familia *Poaceae*.

Las plantas introducidas en el área de cultivos varios que se encontraban al momento de realizado el estudio son: *Manihot esculenta* Crantz (Yuca), *Zea mays* (Maíz) y *Saccharum officinarum* (Caña de Azúcar), además en ella se ha establecido el *Phaseolus vulgaris* (Frijol). La vegetación existente en el bosque natural está representada por abundantes especies, las familias con mayor representatividad son 9 con el total de especies existentes (Anexo. 2). Las cifras de especies representadas no incluyen a las 48 taxonomía infra-específicos de diferentes géneros y familias que han sido introducidos intencionalmente, con el propósito de investigar su establecido en el lugar.

Coincide con lo planteado por Ojeda et al. (2002) donde comenta que, la proximidad de esta comunidad vegetal al asentamiento popular Pepito Tey ha dado lugar a diferentes manifestaciones antrópicas, aunque en él se pueden apreciar rasgos de la flora y fisonomía que lo originan. El tipo de vegetación existente en el bosque natural corresponde al de un bosque semidecíduo mesófilo, lo que indica un bajo endemismo. Del total de especies predominantes, solo 9 son endémicas (5,3%); de ellas, 7 están ampliamente distribuidas en el país: *Tabernaemontana amblyocarpa*, *Tapura cubensis*, *Espadea amoena*, *Securidaca elliptica*, *Jacquinia aculeata*, *Xanthosoma cubense* y *Platygyne hexandra*.

Clima.

En la Tabla.2. se aprecia el comportamiento de las variables climatológicas, en ella se describen la disminución de las precipitaciones referidas entre el año 2010 y 2015. Este último año representa el 77,37 % de las acontecidas en el año 2010. Siendo los meses: enero, febrero y marzo, establecidos como los menos lluviosos con 10 mm, 18 mm, 6 mm, respectivamente. El total de días con lluvia disminuyen en 6 días menos, mientras que la tendencia de las temperatura máxima y mínima media es de aumentar aproximadamente en 1,2 y 1,9 0C respectivamente, corroborándose lo planteado por Centelles et al. (2001) del aumento de la temperatura en Cuba en los últimos años con tendencia a continuar incrementando.

Tabla. 2. Comportamiento de las variables climatológicas.

Variables	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Promedio
Días con lluvia	131	122	119	121	104	125	120,3
Dirección Viento	NE	NE	NE	NE	NE	ENE	
Humedad relativa (%)	76	77	78	78	77	79	77,5
Nubosidad (octavos)	3	3	3	3	3	3	3,0
Precipitación (mm)	1507	1449	1639	1544	1067	1166	1395,3
Rapidez viento (Km/h)	10,1	10	9,8	9,6	9,2	10,7	9,9
Temperatura Máxima (°C)	30,3	31	30,4	30,7	31,1	31,5	30,8
Temperatura Mínima (°C)	19,6	20,6	20,6	21,2	20,9	21,5	20,7

Fuente: Estación meteorológica de Cienfuegos (2015).

De las variables climatológicas según los datos obtenidos por la estación meteorológica de Cienfuegos (2015) y comparadas por los datos de Domínguez (2012) y Ojeda et al., (2007). Se reconocen dos temporadas muy bien marcadas de las precipitaciones de Cuba: lluviosa

(de mayo a octubre) donde cae aproximadamente el 80 % del total de lluvia anual y poco lluviosa (de noviembre a abril). El mes más lluvioso, junio, presenta un acumulado medio de 228 mm, mientras que diciembre es el mes más seco del año con solo 27 mm.

Para Domínguez (2012), el acumulado medio anual en el Jardín Botánico de Cienfuegos es de 1412 mm, de los cuales 1143 mm caen en el período lluvioso y 269 mm en el período poco lluvioso. Las lluvias intensas tienen su máxima frecuencia en el período lluvioso del año, específicamente en los meses de mayo, junio y octubre. La génesis de este tipo de precipitación severa en la zona se asocia fundamentalmente a los ciclones tropicales y a las hondonadas características de los meses de mayo y junio.

Las temperaturas del aire en el Jardín Botánico de Cienfuegos alcanzan su máximo anual en los meses de julio y agosto, mientras que el mínimo anual ocurre en los meses de enero y diciembre. Los valores mínimos de temperaturas están por debajo de los 20 °C, y se producen entre finales del mes de noviembre y principio de abril, mientras que las máximas superiores a 30 °C se registran de abril a octubre.

Los mayores valores de la humedad relativa tienen lugar en los meses de septiembre y octubre con igual cota de 81%, como últimos meses del período lluvioso. Los valores mínimos de humedad relativa se presentan en los meses de marzo (70 %) y abril (69 %) finalizando el período poco lluvioso del año.

Los valores medios mensuales de la velocidad del viento en las zonas estudiadas, no superan los 10 km/h, coinciden con lo planteado por Domínguez (2012). Las mayores velocidades medias se registran en los meses del período poco lluvioso, generalmente asociado al efecto de los anticiclones continentales migratorios que siguen a los sistemas frontales. Los valores mínimos medios de la velocidad del viento se reportan en los meses del período lluvioso del año.

3.2 Determinación de la relación del uso de suelo con el contenido de carbono orgánico.

Los resultados del comportamiento del contenido de carbono orgánico en el suelo de las parcelas estudiadas, muestra que existen diferencias en los distintos niveles de profundidad (Tabla 3).

Tabla. 3. Comportamiento del contenido de carbono orgánico sobre los suelos de las áreas estudiadas (%).

Uso del suelo	0-20 cm.	20-40 cm.
Bosque	2,61 a	1,68 a
Silvopastoril	1,56 b	1,19 b
Cultivos varios	1,33 b	1,33 ab
CV (%)	13,81	18,88
Sx	0.11	0.12

Los resultados estadísticos muestran grandes diferencias en el contenido de carbono del suelo para el ecosistema de bosque y para las áreas de los agroecosistemas en las profundidades de 0-20 cm y 20-40 cm, lo que indica una acumulación de esta propiedad en el bosque natural, debido a su extensa vegetación y a que no ha sido sometido a efectos antrópicos, diferenciándose así del resto de las áreas evaluadas.

Estos resultados corroboran lo planteado por Hernández et al. (2007), indicando que en el tiempo de establecida la arboleda, el enriquecimiento en carbono en el suelo ocurre en gran proporción en los primeros 20 cm del espesor superior del suelo, por influencia de la hojarasca en la acumulación de la materia orgánica y un aumento en el tiempo de las reservas del carbono en sus capas superiores.

Dicho planteamiento coincide con el de Águila et al. (2016), donde compararon un ecosistema natural como patrón de referencia y un agroecosistema sobre suelos Pardo mullido medianamente lavado. Por otra parte, se determinó que los mayores niveles de materia orgánica en el suelo fueron encontrados en el ecosistema natural, con contenidos para ambos años superiores al 4 % que son calificados como altos; mientras que en los campos del ecosistema agrícola los valores encontrados son calificados como bajo y medio respectivamente. Según criterios de Martínez (2008), en cero labranzas se promueve la acumulación de MOS, principalmente en los primeros centímetros del perfil de suelo.

El aumento de la cantidad y porcentaje de carbono orgánico en el bosque natural como respuesta a las nulas actividades antropogénicas varía grandemente, entre los estudios efectuados en los demás usos de suelo, pues mientras en unos no se obtienen diferencias apreciables, en el otro se presentan incrementos altamente significativos al tener labranza cero (silvopastoril). Es decir, las mayores concentraciones del contenido de carbono se

obtuvieron en las parcelas de bosque y silvopastoril, mientras que la de menor contenido fue la parcela de cultivos varios.

Este resultado coincide con el obtenido por Muñoz et al. (2012), plantearon que la agricultura de conservación (silvopastoril) favorece la acumulación de carbono orgánico en los primeros horizontes del suelo dejando los residuos del cultivo precedente sobre la superficie del suelo. La agricultura convencional (cultivos varios), en cambio, con el volteo del suelo, acelera su destrucción cualquiera que sean las circunstancias climáticas de las zonas agrícolas.

Por su parte, González et al, (2014), explica que el suelo dedicado al sistema forestal manifestó mayor nivel de materia orgánica, una mejor estructura, un alto nivel de vida biológica que el de agrosistemas; los cuales están influenciados por la alta riqueza específica de la vegetación, la diversidad de plantas y la producción de biomasa vegetal. La mantención de los residuos de cosecha contribuye a la acumulación de COS, los materiales orgánicos de los tejidos de hojas, tallos y raíces aportan polímeros complejos (Águila et al., 2016).

Los niveles de erosión que se aprecia en las áreas de bosque natural y silvopastoreo puede deberse a la remoción física de suelo perdiéndose parte de su capa superficial, lo que favorece a la disminución del carbono orgánico, de la materia orgánica y de los residuos orgánicos que cubren el suelo y disminuyen su capacidad productiva. Dicho planteamiento coincide con lo expuesto por Martínez (2008), cuando menciona que la productividad del suelo baja en función a la magnitud de suelo removida por erosión ya que son las capas más superficiales del suelo las que concentran la mayor concentración de carbono y de nutrientes, el autor también plantea que el proceso de deforestación de los bosques para su posterior transformación en áreas agropecuarias, contribuye significativamente a la degradación y pérdida del suelo.

Las propiedades físicas del suelo también influyen en el contenido de carbono orgánico del suelo. La buenas estructuras y buen drenaje encontradas en el área del bosque natural se debe a que al poseer una inmensa vegetación es capaz de reciclar grandes contenidos de carbono orgánico debido a su baja tasa de descomposición. En el área silvopastoril se conserva la materia orgánica ya que en él se también se recicla la biomasa de las cosechas, por tanto, las pérdidas por la lavado y escorrentía es menor. Mientras en los cultivos varios hay mayor tasa de descomposición porque el suelo se mueve más, las plantas se siembran generalmente dejando espacios abiertos donde penetran los rayos solares, hay mayor

temperatura, mayor aireación por el laboreo y mayor tasa de descomposición de la materia orgánica. Se afecta las propiedades físico – químicas y biológicas que dependen del carbono orgánico y se crean condiciones para que este, producto de la mineralización, se pierda por diferentes vías.

Coincidiendo así, con lo planteado por Arzola et al. (2013) al explicar que con el monocultivo se reduce la cubierta vegetal y los suelos (con las prácticas tradicionales de preparación) permanecen desnudos por largos periodos de tiempo, en ocasiones coincidiendo esto con las condiciones más propicias para el arrastre de partículas como arcilla y materia orgánica. La erosión del suelo no sólo se produce por efecto de la pendiente y la escorrentía, sino también por el mal uso del riego, que incluso en lugares de baja pendiente puede arrastrar el horizonte superficial del suelo. Las propiedades físicas del suelo también influyen en el contenido de carbono orgánico del suelo en la reducción del laboreo, lo que se pone en evidencia al control de la erosión del suelo. (Muñoz et al., 2012). Datos obtenidos por el Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC) en el 2000, declaran que entre el 80 y el 90% del carbono existente en los ecosistemas boreales está almacenado en forma de materia orgánica del suelo, en tanto que en los bosques tropicales se encuentra distribuido en partes iguales entre la vegetación y el suelo.

En el caso de los campos agrícolas debido a las labores de aradura y fertilización, es difícil garantizar que estos procesos ocurran sin afectaciones pues las labores agrícolas aceleran especialmente la mineralización. Esto, disminuye considerablemente la síntesis de sustancias húmicas y la estabilización de mayores contenidos de humus, por ende, disminuye el carbono orgánico (Águila et al., 2016).

Se cree que otros de los factores que han influido en las pérdidas del contenido de carbono en los suelos estudiados sea las variabilidades del clima en estos últimos años. Según, Muñoz et al. (2012) el clima afecta tanto a la producción de los cultivos como a la descomposición de los residuos, pues el potencial para acumular rápidamente carbono orgánico en el suelo al reducir el laboreo es superior en condiciones que favorecen altos rendimientos productivos y por tanto mayor fijación de carbono. Pero al mismo tiempo, estas condiciones también estimulan la actividad microbiana y la descomposición de la materia orgánica del suelo. En este caso el beneficio de la reducción del laboreo para el carbono orgánico depende de la tasa de descomposición relativa del carbono fijado, es decir, de que

la cantidad de carbono descompuesta sea mayor o menor que la fijada en un determinado periodo de tiempo.

Los factores climáticos y los factores del suelo permiten explicar el almacenamiento del carbono en largos periodos, mientras que el uso del suelo y los cambios de vegetación son considerados en periodos más cortos. Según Lal (2000), las grandes diferencias en la existencia de carbono entre diferentes zonas ecológicas se presentan en relación a la temperatura y la lluvia, variando de 4 kg.m⁻² en las zonas áridas, de 8 a 10 kg.m⁻² en las zonas tropicales y de 21 a 24 kg.m⁻² en las regiones polares o boreales. El comportamiento del contenido de carbono orgánico por t. ha⁻¹ indicó las áreas que más retienen carbono orgánico en el suelo por profundidades. (tabla 4.)

Tabla. 4. Comportamiento del contenido de carbono orgánico (t.ha⁻¹) en las áreas estudiadas.

Uso del suelo	0-20cm.	20-40cm.
Bosque	75,90 a	43,65 a
Silvopastoril	43,20 b	37,86 a
Cultivos varios	29,42 b	20,91 b
CV (%)	18,57	20,06
Sx	4.11	3.06

Al comparar el enriquecimiento de carbono en el espesor superior del suelo, para la capa de 0-20 cm, en las áreas de bosque, los cultivos varios y el pastoreo se obtuvo un total retenido de 148,52 t. ha⁻¹; mientras que en la profundidad 20-40 cm fue de 102,42 t. ha⁻¹.

Este resultado coincide con el obtenido por Hernández et al. (2007), cuando estimaron el secuestro de carbono por especies arbóreas en la finca La Colmena, donde determinaron una reserva de 121,6 t. ha⁻¹ de carbono en la capa de 0-20 cm. Este indicador, resulta muy importante para deducir el efecto o la influencia del establecimiento de especies arbóreas por el papel que desempeñan en el secuestro de carbono de la atmósfera.

En el área silvopastoril y de cultivos varios se observan una tendencia muy marcada a la disminución de las reservas de carbono, con respecto al ecosistema de bosque. En el bosque la pérdida del carbono del suelo fue de 32,25 t. ha⁻¹; mientras que en las pérdidas en el silvopastoreo fueron 5,34 t. ha⁻¹ y el área cultivada fueron de 8,51 t. ha⁻¹. Resultados que concuerdan con los obtenidos por Ojeda et al. (2007), al comparar el contenido de materia orgánica se encuentran que en los tratamientos correspondientes a los suelos en área de

colecciones (F2) muestran diferencias significativas con respecto a las variantes de suelos del bosque natural (F1), el cual este último con un 5,05 % alcanza el mayor valor absoluto.

Un menor contenido de COT del suelo origina menos reserva de nutrientes, menor capacidad de intercambio catiónico, peor estructura, menor retención de humedad, menor aireación, más compactación, mayor facilidad para la erosión y menor población microbiana. Esto a su vez representa menor rendimiento del cultivo y mayor contaminación ambiental. (Arzola et al., 2013) El carbono que se almacena en los suelos forestales representa una tercera parte del total de carbono del suelo a un metro de profundidad.

El ecosistema de bosque natural es el que mayor contenido de carbono orgánico retiene, a diferencia de los agroecosistemas silvopastoril y cultivos varios. Conociendo que los ecosistemas forestales contienen más carbono por unidad de superficie que cualquier otro tipo de uso del suelo. Según, Martínez (2008) es necesario reducir el proceso de deforestación de los bosques para su posterior transformación en áreas agropecuarias, lo cual, contribuye significativamente a la degradación y pérdida del suelo. En cero labranzas se promueve la acumulación de MOS, principalmente en los primeros centímetros del perfil de suelo.

Similares resultados fueron obtenidos por Arzola (2007) al realizar una comparación entre un área de un bosque de teca y un área adyacente cultivada durante varias décadas con caña de azúcar. En esta comparación se aceptó lo expuesto por Arrouays et al. (1994), que establece como premisa que exista estabilidad en el contenido del carbono orgánico total del suelo. El autor expone que la diferencia encontrada indica que la tala de los bosques para el cultivo de la caña de azúcar en Cuba podría haber representado en alrededor de 1.5 millones de hectáreas dedicadas a este cultivo 64,7 millones de toneladas de carbono vertidas principalmente a la atmósfera. El COT fue superior en el bosque que, en el agrosistema de caña de azúcar, lo que se hizo más patente en el horizonte superficial.

La deforestación provoca la pérdida casi total de la biomasa vegetal y entre 40 y 50% del carbono contenido dentro del suelo, mientras que la reforestación incrementará lentamente el carbono sobre y debajo de la superficie, dependiendo de la tasa de crecimiento de los árboles (Alegre, 2000).

En la tabla 5 se ilustra el comportamiento del contenido de humedad en por ciento de los diferentes usos de suelos estudiados.

Tabla. 5. Influencia del uso del suelo sobre su contenido de humedad (%).

Uso del suelo	0-20 cm.	20-40 cm.
Bosque	3,11 a	3,11 a
Silvopastoril	2,82 a	1,86 b
Cultivos varios	2,32 b	2,24 ab
CV (%)	10,51	27,2
Sx	0,13	0,29

Los mayores valores de humedad del suelo se encuentran en las primeras capas del suelo en el bosque natural, disminuyendo con la profundidad del perfil, lo cual está relacionado con la composición mecánica y mineralógica del suelo. Estos resultados coinciden por lo planteado por Domínguez (2012) en los suelos del área de bosque natural, donde hay una variación en los contenidos de humedad del suelo por perfiles, estableciendo que en la capa superior puede presentarse deficiencia de humedad en época de seca, pero que, en la profundidad de 80 cm o más profundo, se mantiene un contenido de humedad dentro de los límites de la humedad productiva durante todo el año.

La materia orgánica del suelo tiende a aumentar la tasa de infiltración de agua en el suelo, aunque, esto también depende del manejo y de la presencia de capas compactadas dentro del perfil del suelo (Martínez, 2008). Esto demuestra que donde mayor acumulación de agua existe es en el suelo más rico en carbono orgánico (bosque natural) siendo, por tanto, el de menor retención hídrica el área cultivada. Esto indica que al ser menor la disponibilidad de agua es mayor la evapotranspiración de las plantas, producto a las altas temperaturas que alcanzan el suelo al haber menos lluvias en los lugares que hay menos cultivos que en el bosque natural.

La materia orgánica es muy difícil que se arrastre pero puede suceder en los suelos libres de protección como es el caso de los cultivos varios haya más erosión, y lo primero que se erosiona son la materia orgánica y las arcillas (que son las partículas más finas), estos pueden ir a parar a las aguas, lo que significa que la materia orgánica se oxida y pierda el oxígeno de las aguas lo que provoca que los peces no puedan respirar; lo que afecta la pesca, el turismo, la recreación, etc.; es decir, aumenta la demanda bioquímica del oxígeno (DBO).

Los aumentos del índice de humedad en el ecosistema de bosque natural se deben a la diversidad de plantas y organismos vivos que retienen y aprovechan toda la humedad del

suelo disponibles para su crecimiento y desarrollo. Según Arzola et al. (2013), la biomasa que forman se recicla nuevamente al suelo como materia orgánica, pero cuando el hombre elimina la vegetación natural y establece un monocultivo, la eficiencia en aprovechar esos elementos es menor, se forma menos biomasa por unidad de superficie y se exporta gran parte de la biomasa con la cosecha. El suelo queda expuesto a las consecuencias de la erosión, por todo esto disminuye su fertilidad, queda menor cantidad de carbono en el suelo y mayor en la atmósfera, lo que contribuye con el efecto invernadero.

Todo ello mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas, ya que los árboles son eficaces en el control de la erosión hídrica por impacto de las gotas de lluvia; mientras que los residuos vegetales, tanto del follaje como de la raíz y proporcionan la base alimentaria de los organismos del suelo.

El estudio del régimen hídrico muestra que los diferentes usos de suelos presentan una variación en su contenido de humedad por profundidades. Esto también depende del manejo y de la presencia de capas compactadas dentro del perfil del suelo.

En cuanto a la relación entre la textura y la productividad de los suelos arcillosos tienen la capacidad de retener en su superficie elementos nutritivos en forma asimilable, de igual forma retienen muy bien el agua y superan en rendimiento a los suelos arenosos, por lo que las variantes evaluadas se consideran suelos productivos y de buena textura. (Ojeda et al., 2007)

Águila et al. (2016) cuanto hay buena permeabilidad los suelos tienden a manifestar un buen estado estructural, aumentando la humedad para el límite inferior de plasticidad, por lo que existe mayor posibilidad de almacenamiento de agua y su disponibilidad para las plantas.

3.3 Determinación de la relación del carbono orgánico con algunas propiedades químicas del suelo estudiadas.

Los resultados obtenidos muestran que las propiedades con mayor relación con el carbono se pueden observar en la tabla 6.

Tabla. 6. Relación entre el carbono y algunas propiedades de los suelos en diferentes usos de suelos 0-20 cm.

Relación	Correlación lineal de Pearson	Ecuación de regresión
Fosforo asimilable x Carbono	0,618*	$P_2O_5 = 14,58 C (\%) - 11,13 (mg/100g)$
Potasio asimilable x Carbono	0,707**	$K_2O = 6,47 C (\%) + 2,58 (mg/100g)$
pH cloruro x Carbono	0,707**	$pH KCl = 1,14 C (\%) + 3,29$
pH agua x Carbono	0,669**	$pH H_2O = 0,76 C (\%) + 4,90$
Acidez hidrolítica x Carbono	-0,723**	$AcH = -2,30 C (\%) + 7,53 (cmol^{(+)} \cdot kg^{-1})$
Calcio x Carbono	0,717**	$Ca^{2+} = 18,29 C (\%) + 3,23 (cmol^{(+)} \cdot kg^{-1})$
Magnesio x Carbono	-0,535*	$Mg^{2+} = -2,99 C (\%) + 13,60 (cmol^{(+)} \cdot kg^{-1})$
Sodio x Carbono	-0,233	$Na^+ = -0,01 C (\%) + 0,15 (cmol^{(+)} \cdot kg^{-1})$
Potasio x Carbono	0,757**	$K^+ = 0,23 C (\%) - 0,06 (cmol^{(+)} \cdot kg^{-1})$
Humedad del suelo x Carbono	0,716**	$Hs = 0,47 C (\%) + 3,60 (cmol^{(+)} \cdot kg^{-1})$

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

De la información que brinda matriz de correlaciones de Pearson, se pudo cuantificar cuáles fueron las propiedades del suelo en los diferentes usos de suelos estudiados para la profundidad de 0 – 20 cm que alcanzan coeficientes de correlación por encima de 0,5 significativas y altamente significativas. Al relacionarse el carbono orgánico del suelo y el fósforo y potasio asimilable se observa un incremento, debido a que al haber más concentración de carbono hay más cantidad de humus y más capacidad de intercambio catiónico. Un suelo rico en humus tiene más cationes cambiables y, por tanto, debe de haber más cantidad de cationes que deban pasar a la solución del suelo, como son: el potasio, el magnesio, calcio y sodio.

Según Martínez et al. (2008), el carbono orgánico del suelo está formado por compuestos de diversa naturaleza química y estado de descomposición que intervienen en las propiedades químicas del suelo, aumentando la CIC y la capacidad tampón sobre la reacción del suelo (pH). Además, favorece la agregación del suelo y consecuentemente interviene en la distribución del espacio poroso, afectando diversas propiedades físicas, como humedad aprovechable, capacidad de aire y movimiento de agua y gases en el suelo.

A mayor carbono se obtiene mayor pH porque en el bosque como hay más humus se retienen más bases cambiables, esos cationes de bases cambiables son los que aumentan el pH del suelo y disminuye la acidez. Martínez et al. (2008), plantean que la MOS tiende a aumentar el pH cuando el suelo es ácido y tiende a disminuirlo cuando el pH del suelo es alcalino, esto se encuentra en suelos cercanos a la neutralidad o que tienen cantidades altas

de carbonatos y bicarbonatos. El pH disminuye por el aumento en la presión parcial de CO₂ en la atmósfera del suelo. El CO₂ de la atmósfera se combina con agua y forma ácido carbónico, que al disociarse genera H⁺ que acidifica el suelo. En la tabla 7. muestra cómo influye el contenido del COS con las propiedades químicas y agroquímicas más predominante en los diferentes usos de suelos en el segundo perfil estudiado.

Tabla. 7. Relación entre el COS y algunas propiedades de los suelos en diferentes usos de suelos 20 - 40 cm.

Relación	Correlación lineal de Pearson	Ecuación de regresión
Fosforo asimilable x Carbono	0,529 [*]	$P_2O_5 = 18,36 C (\%) - 14,02 (mg/100g)$
Potasio asimilable x Carbono	0,571 [*]	$K_2O = 7,90 C (\%) - 3,80 (mg/100g)$
pH cloruro x Carbono	0,405	$pH KCl = 1,50 C (\%) + 0,60$
pH agua x Carbono	0,377	$pH H_2O = 1,15 C (\%) + 4,57$
Acidez hidrolítica x Carbono	-0,436	$AcH = - 3,65 C (\%) + 8,70 (cmol(+).kg^{-1})$
Calcio x Carbono	0,315	$Ca^{2+} = 37,71 C (\%) - 18,49 (cmol^{(+).kg^{-1})}$
Magnesio x Carbono	-0,528 [*]	$Mg^{2+} = - 2,69 C (\%) + 12,52 (cmol^{(+).kg^{-1})}$
Sodio x Carbono	-0,064	$Na^+ = - 0,002 C (\%) + 0,159 (cmol^{(+).kg^{-1})}$
Potasio x Carbono	0,540 [*]	$K^+ = 0,23 C (\%) - 0,04 (cmol^{(+).kg^{-1})}$
Humedad del suelo x Carbono	0,753 [*]	$Hs = 1,46 C (\%) + 0,36 (cmol^{(+).kg^{-1})}$

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Las propiedades del suelo que alcanzan los coeficientes de correlación por encima de 0,5 calificándose de significativas fueron: el P₂O₅ (fósforo asimilable), el K₂O (potasio asimilable), el Mg²⁺ (Magnesio), el K⁺ (Potasio) y la Humedad. Se observó una baja relación entre el carbono orgánica y las propiedades del suelo, a diferencia de la profundidad de 20-40 cm, debido al bajo contenido de materia orgánica, lo que indica que al haber menor cantidad de humus hay menor probabilidad de que se retengan dichas propiedades.

Estos resultados coinciden con lo planteado por Ojeda et al (2007) quien indica que en aquellos ecosistemas donde existen presencia de árboles, la materia orgánica del suelo se mantiene en niveles satisfactorios para su fertilidad, de igual forma se favorece la nutrición con el reciclaje de las bases en los residuos de los árboles, lo que permite una reducción de la acidez del suelo. La materia orgánica del suelo es un indicador que se relaciona con la nutrición vegetal, por su vínculo directo con la disponibilidad de los nutrientes (Cairo y Fundora, 2005).

Los resultados coinciden con los de Águila (2016), en el ecosistema del bosque natural los altos niveles de fósforo y potasio asimilable, así como de materia orgánica, aportan al suelo que se generen por esta vía en el ciclo de nutrientes.

La variación del carbono en los agroecosistemas con respecto al bosque natural puede estar provocada por la actividad antropogénica del hombre, y de ahí su pérdida en forma de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera o la hidrósfera. Según Martínez et al. (2008), del total de carbono en el suelo una fracción se mineraliza y otra forma un compuesto estable de humus, esto puede ser producto de la mineralización de la MOS que provoca que se liberen diversos nutrientes para las plantas, muchos de los cuales son aportados en forma deficitaria por los minerales del suelo.

De igual forma, Muñoz et al. (2012) plantean que la concentración de CO₂ en la atmósfera terrestre a partir del año 1800 se ha incrementado desde 280 ppm (pulsaciones por minutos) hasta aproximadamente más de 370 ppm en la actualidad, este incremento es la mejor evidencia de que está causado por las emisiones de CO₂ ligadas a las actividades humanas. Para dichos autores, la adquisición de grandes concentraciones de gases con efecto invernadero en la atmósfera podría traer consecuencias alarmantes a la humanidad al provocar un calentamiento global como consecuencia de un cambio climático. Lo que conlleva a que se derritan parte de los hielos en los casquetes polares e incremente el nivel del mar hasta inundar zonas pobladas. Conforme el clima se haga más cálido la evaporación se incrementará; esto causará un aumento de las precipitaciones en las regiones frías (latitudes altas) y en ciertas regiones tropicales lluviosas, a la vez que una reducción en las zonas secas de latitudes medias y tropicales, es decir, un clima más extremo con la precipitación repartida de forma más desigual y más erosión en los suelos. Los aumentos en las temperaturas medias del globo terrestre desde la mitad del siglo XX son muy probablemente debidos al incremento observado en las concentraciones de gases de efecto invernadero; a este efecto se le denomina como teoría antropogénica, la cual predice que el calentamiento global continuará si lo hacen las emisiones de estos gases. (IPCC, 2007).

Conclusiones.

- Las tres áreas estudiadas poseen un mismo tipo de suelo que por sus usos han variado sus contenidos de carbono orgánico.
- El bosque natural posee mayor contenido de carbono y humedad en el suelo que el área silvopastoril, siendo los cultivos varios el área de menor índice debido a las actividades antropogénicas
- El carbono orgánico se relacionó positivamente con diferentes propiedades del suelo alcanzando grandes niveles en la profundidad de 0-20 cm.

Recomendaciones.

- Realizar la evaluación de otros indicadores, como son: las propiedades físicas y propiedades biológicas en los diferentes usos de suelos para saber cómo influyen en el contenido de carbono.
- Utilizar el silvopastoreo para el ganado, predominantemente, cuando se desee ampliar el desarrollo ganadero en suelos de bajo contenido de carbono orgánico.
- Continuar estudios en un futuro que permitan ampliar la base de conocimiento y el alcance de los resultados obtenidos

Bibliografía.

- Acevedo, E. y Martínez, E., (2003). *Sistema de labranza y productividad de los suelos*, en Acevedo, E.: *Sustentabilidad en Cultivos Anuales*. Santiago, Universidad de Chile, Serie *Ciencias Agronómicas* (8), 13-25.
- Acosta, M., Etchevers, J.D., Monreal, C., Quednow, K., y Hidalgo, C. (2001). *Un método para la medición del carbono en los compartimientos subterráneos de sistemas forestales y agrícolas en terrenos de ladera en México*. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. Valdivia. Chile.
- Águila, E., Marrero, Y., Hernández, H., Ruiz, Y. (2016) *Efecto del uso del suelo sobre su calidad en áreas de la Finca “Baños de Marrero”*. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV). Santa Clara. Cuba.
- Aguilera, S.M. (2000). *Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos*. Simposio Proyecto Ley Protección de Suelo. *Boletín* (4). Valdivia, Chile. 77–85.
- Alegre, J., Ricse, A., Arévalo, L., Barbarán J. y Palm, C. (2000). *Reservas de Carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonía peruana*. Consorcio para el Desarrollo Sostenible de Ucayali (CODESU) Boletín informativo. Ucayali, Perú.
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 18 the dn. Horwitz, W. (ed.). Association of Analytical Chemists, AOAC International, Arlington Virginia, USA.: Disponible en: <http://www.eoma.aoac.org/>
- Arce, D. (2013). *Evaluación de la implementación de un manejo de mejoramiento y conservación de suelos en la finca “Guasimal*. (Tesis de Diploma), Universidad Carlos Rafael Rodríguez, Cienfuegos. Cuba.
- Arzola, N. (2007). *Manejo agrícola de las áreas cañeras en armonía con el ciclo biogeoquímico del carbono y el nitrógeno y la fertilidad de los suelos*. Resúmenes del VIII Taller Nacional del Medio Ambiente. Organizado por el Ministerio del Azúcar de Cuba. Bayamo, Cuba.
- Arzola, N.; Fundora, O; Mello, Renato. (2013). *Manejo de suelos para una agricultura sostenible*. Brasil: Editorial Jaboticabal.
- Bot, A.; Benites, J. (2005) *The importance of soil organic matter. Key to drought-resistant soil and sustained food and production*. Rome, Italy.
- Cairo, P. y Fundora, O. (2005). *Edafología*. Ciudad de La Habana, Cuba: Editorial Félix Varela.

- Capote, Y. (2015). *Propuesta de buenas prácticas agroecológicas para el manejo de la Finca Las Cocas en el municipio Cumanayagua*. (Trabajo de diploma). Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba.
- Castañeda, I. (2002). Caracterización de la flora y de la vegetación de la sección de bosque natural del Jardín Botánico de Cienfuegos. Informe Final del Proyecto Territorial 6-03-06 "Comportamiento funcional y ecológico de un bosque de conservación en el Jardín Botánico de Cienfuegos". CITMA.
- Castro, R. (2006). Los bosques de Costa Rica y el impacto del Protocolo de Kyoto. II Cumbre Internacional de Agricultura Sostenible. Guayaquil, (CD-ROM).
- Centelles A, Llanes J, Paz L. (2001). Primera comunicación nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. INSMET, Cuba: La Habana, 169 p.
- CITMA (2011) Experiencias exitosas en la conservación de la Diversidad biológica. *Complemento del IV Reporte Nacional de la República de Cuba a la COP*. Resúmenes de experiencias exitosas de instituciones cubanas, nacionales y territoriales, que trabajan la Conservación y Manejo de la Diversidad Biológica: principales resultados obtenidos y líneas principales de trabajo. Recuperado de <http://www.cbd.int/doc/world/cu/cu-nr-04-es.pdf>.
- Domínguez, T. (2012). *El Jardín Botánico de Cienfuegos: Una propuesta estratégica para el enfoque de sinergismos agroecológicos con el municipio Cienfuegos*. (Tesis de Maestría). Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba.
- Espinoza, Y. (2005). Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela: Secuestro de Carbono en el Suelo (en línea). Consultado el 12 de noviembre del 2016. Recuperado de: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n7/arti/espinoza_y/arti/espinoza_y.htm.
- FAO. (2001). *Soil carbon sequestration for improved land management*. World soil reports 96. Rome, 58 p.
- FAO/UNESCO. (1988). *Clasificación de los suelos según su capacidad de uso*. Secretaria General De La Organización De Los Estados Americanos.
- Fernández, L. C., Rojas, N., y Roldán, T. (2006) *Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados*. México: Instituto Mexicano del Petróleo..
- Fernández, M. (1996). *La contaminación por nitratos*. Hortoinformación, v.71, p.38-40.

- Fred, M. y Weil, R. (2011) *Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture* (Advances in Agroecology) (en inglés).
- García, Y., Ramírez W., Sánchez S. (2012) Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*, 35 (2), 138.
- Gómez, L. (2002). *Pequeña Enciclopedia del Medio Ambiente*. Santiago de Cuba, Cuba: Editorial Oriente. Recuperado de <http://www.cubaliteraria.com>.
- González, E. N., Castellanos, L., Reyes A., Prado, R. y Olivier A. (2014). Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo de cuatro sistemas de cultivos de una finca del Macizo Guamuhaya. *Centro Agrícola*, 41(2): 45-51
- Guillot, E. (2009). *Factores que influyen en los rendimientos del cultivo de la caña de azúcar en la "UBPC La Josefa"*. (Tesis en opción al título de master en ciencias). Universidad de Cienfuegos. Cienfuegos. Cuba.
- Hernández et al. (1995). *Manual para la Cartografía Detallada y Evaluación Integral de los Suelos*. La Habana, Cuba: Instituto de Suelos.
- Hernández, A. et al. (2015). *Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba*. La Habana, Cuba: Instituto de Suelos.
- Hernández, A., Marentes, F., Vargas, D., Padrón, F., y Fernández, V. (2007) Estimación del Secuestro de Carbono por especies arbóreas en la finca la Colmena. *Centro Agrícola*.
- Hernández, A; Marentes, F; Vargas, D; Ríos, H y Padrón, F. (2008) Características de los suelos y sus reservas de carbono en la finca La Colmena de la Universidad de Cienfuegos. *Cultivos Tropicales*, .29, (2), 27-34.
- Hernández, E. (2005). *Caracterización de la Sostenibilidad de los Agroecosistemas del municipio Rodas*. Cienfuegos. (Tesis en opción al Título de Máster en Ciencias Agrícolas). Universidad de Cienfuegos. Cienfuegos. Cuba.
- Hernández, J. C., Gil, V. D., y Quintero E. (2013). *Estimación del Secuestro de Carbono por especies arbóreas en tres fincas de la provincia de Villa Clara*. Centro de Investigaciones Agropecuarias. /Trabajo de Diploma) Universidad Central de Las Villas.Santa Clara, Cuba.
- House J.I., Prentice I.C., Ramankutty N., Houghton R.A., Heimann M. (2003). *Reconciling apparent inconsistencies in estimates of terrestrial CO2 sources and sinks*. *Tellus* 55b, 345-363.
- Huerta, H.E. (2010). *Determinación de propiedades físicas y químicas de suelos con mercurio en la región de San Joaquín, y su relación con el crecimiento*

- bacteriano*. Trabajo de diploma (publicado). Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. México.
- Ibáñez, J. (2007). *Historia de la ciencia del suelo* 1ª parte (Salvador González Carcedo). Un Universo invisible bajo nuestros pies. Consultado el 4 de marzo de 2014.
- IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia). (2001). Lección 3: *Ecosistemas boscosos*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Bogotá. Colombia. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57325814008>
- InfoStat (2009). Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- INICA. 2014. Instructivo técnico para el manejo de la caña de azúcar. ISBN: 978- 95-300-036-9. 302 pp.
- Instituto de Suelos (IS). 2010. Curso *Uso Sostenible de los Suelos en Cuba*, Parte 1, Universidad para Todos, Ed. Academia, La Habana, Cuba.
- IPCC (Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático). (2000) *Uso de la tierra, cambio y uso de la tierra y silvicultura: informe especial*. Cambridge, Reino Unido: University Press.
- IS (1988). *Génesis y Clasificación de los suelos de Cuba*. La Habana, Cuba: Edit. CITMA.
- Karnosky D., Ceulemans R., Scarascia-Mugnozza G., Innes J.L. (2001). *The Impact of Carbon Dioxide and Other Greenhouse Gases on Forest Ecosystems*. IUFRO Research Series nº8, pp 352.
- Kassam, A., Friedrich, T., Sims, B., Kienzle, J. (2014). *Sustainable Intensification and Conservation Agriculture*; in: CTIC, SCCC (eds.): Proceedings of the 6th World Congress on Conservation Agriculture, June 22-25, 2014, Winnipeg, Canada. <http://www.ctic.org/WCCA/Proceedings/Abstracts/>

- Kirby K.R., Potvin, C. (2007). *Variation in carbon storage among tree species: Implications for the management of a small-scale carbon sink project*. For. Ecol. Manag., 208-221.
- Lal, R. (2000). *Soil management in the developing countries*. Soil Science, 57-72.
- Look, S.; Díaz, J.; Crespo, G.; y Torres, V. (2015^a). *Servicios ambientales generados por la aplicación de tecnologías ganaderas en sistemas agropecuarios tropicales*. Memorias del Congreso Suelo 2015. ISBN: 978-959-296-039-8.
- Madero, E; Gómez, E; Sánchez, M. (2003). *El suelo, propiedades físicas y químicas. Algunas características del suelo a ser tomadas en cuenta en la finca: Índice hídrico e índice de protección*. Cuadernos ambientales No. 9. Universidad Nacional de Colombia. ISBN: 1657-2394. (PDF)
- Martínez, E.; Fuentes, J.P; Acevedo, E. (2008). *Carbono orgánico y propiedades del suelo*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Producción Agrícola. Laboratorio de relación Suelo-Agua-Planta. Casilla 1004. Santiago de Chile. (pdf)
- Martínez, F., Calero, B. J., Nogales, R., Rovesti, L. (2003) *Manual práctico de lombricultura*. Biblioteca ACTAF, La Habana, Cuba. 100 p.
- Martínez, F., Calero, B., Calderón, E., Valera, M. y Ticante, J. (2001c) *Transformación de los restos orgánicos en los suelos y su impacto ambiental*. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. Varadero, Cuba, Memoria digital en CD-ROM.
- Maruri, E. (2009). *El ecosistema y los ciclos biogeoquímicos*. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos71/ecosistema-ciclos-biogeoquimicos.html>. Consultado el 10 de noviembre del 2016.
- McVay, K.A., y Rice, C.W. (2002). *Carbono orgánico del suelo y ciclo global del carbono*. Universidad del Estado de Kansas, Estados Unidos de Norte América. (PDF)
- MINAGRI (Ministerio de la Agricultura). (1984). *Metodología para la determinación de las propiedades hidrofísica de los suelos*. La Habana. Cuba.
- Muñoz, B., Sacristán, S. (2012) *Fijación de carbono en el suelo en agricultura de conservación*. Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. España.
- Ojeda L. J., Oropesa D.A, Castañeda I., Eupierre H., y Chirino V. (2007). *Geomorfología, propiedades físicas y principales componentes de la fertilidad del suelo en un bosque semideciduo mesófilo natural y en zonas de colecciones de plantas del Jardín Botánico de Cienfuegos*. Centro Agrícola, Editorial Feijoo, Cuba.

- Ojeda, L., Castañeda, I., Chirino, V. y Eupierre, H. (2002). *Caracterización de la flora y de la vegetación de la sección de bosque natural del Jardín Botánico de Cienfuegos*. Informe Final del Proyecto Territorial 6-03-06 “Comportamiento funcional y ecológico de un bosque de conservación en el jardín Botánico de Cienfuegos”. CITMA.
- ONEI (2015). Anuario Estadístico de Cienfuegos, edición 2016.
- Pardos, J. A. (2010) *Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global*. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria Ministerio de Ciencia e Innovación (INIA). Madrid, España. ISBN: 978-84-7498-529-0. (PDF)
- Pérez, H., Rodríguez, I., Arzola, N. (2016). *Aprovechamiento sostenible de los residuos de origen orgánico y la zeolita en la agricultura*. Universidad Técnica de Machala. Ecuador. ISBN: 978-9942-24-012-5.
- Piñeiro, G. (2006). *Biogeoquímica del carbono y nitrógeno en los pastizales pastoreados del Río de la Plata: Un análisis basado en modelos de simulación, sensores remotos y experimentos a campo*. Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Agropecuarias. Escuela Para Graduados “Alberto Soriano” Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. Argentina.
- PNUMA (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente). (2007). *Perspectivas del medio ambiente mundial*. GEO4. Medio ambiente para el desarrollo. Capítulo3: “Tierras”. pp. 81-114.
- Reicosky, D. C., (2002). Long – Term Effect of Moldboard Plowing on Tillage – Induced CO₂ Loss, in J. M. Kimble, R. Lal and R. F. Follet: Agricultural Practices and Policies for Carbon Sequestration in Soil. Lewis Publishers. Papers from symposium held July 1999 at Ohio State University, Columbus, Ohio, 87-96 p.
- Rod, D.; Lefroy, B.; Blair, G. (1994). *The Dynamics of soil organic matter changes resulting from cropping*. 15th World Congress of Soil Science. Acapulco. México. p 235-245
- Rodríguez, J.M., Camargo, J.C., Niño, J., Pineda, A.M., Arias, L. M., Echeverry, M.A., y Miranda, C.L. (2009). *Valoración de la Biodiversidad en la Ecorregión del Eje Cafetero*. Pereira. Colombia. p 238.
- Rodríguez, M.B. (2008) *Fertilidad del suelo y nutrición de las plantas*. En: R. Melgar y M Díaz. La fertilización de cultivos y pasturas. Zorita, Hemisferio Sur. 2ª ed. Buenos Aires. p.588.

- Rodríguez, S. (2016). *Un enfoque económico para promover la aplicación de la Ciencia y la Técnica por una agricultura sostenible*. Conferencia Magistral en el Instituto de Investigaciones de viandas tropicales. Santo domingo. Villa Clara. Cuba.
- Sarandón, S. J., Flores, C. (2014) *Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. Agroecología. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. México.
- Savory, A., Butterfield, J. (1998). *Holistic Management: A New Framework for Decision Making* (en inglés) (2ª edición). Washington, D.C.: Island Press. ISBN 1-55963-487-1.
- Stern, N. (2008) *The economics of climate change*. American Economic Review, v.98, n.2.
- Tamayo, R. (2005). Suplemento Científico Técnico (en línea) disponible en: http://www.jrebeldede.cubaweb.cu/secciones/en-red/marzo13-2005/el_suelo.htm.
- Tarbutk, E., Lutgens, F. (2015) *Ciencias de la tierra: Una introducción a la geología física*. Libro de Edafología. Clasificación de los suelos.
- Tejeda, R. (2013). *Caracterización de los suelos de la finca "Santa Lina" en Cienfuegos, a fin de aplicar en los mismos un cambio de uso de suelo*. Trabajo de diploma (no publicado). Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos. Cienfuegos, Cuba.
- Torres, E. (2008) *Desarrollo urbano sustentable*. Observatorio de la Economía Latinoamerica, no. 101. Texto completo en <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/la/>.
- Urquiza, N. et al. (2002). *Compendio Manejo Sostenible de los Suelos*. Recuperado de [http://www.medioambiente.cu/deselac/downloads/Compendio Manejo Sostenible de suelos.pdf](http://www.medioambiente.cu/deselac/downloads/Compendio_Manejo_Sostenible_de_suelos.pdf).
- Urquiza, N. et al. (2011). *Manejo sostenible de los suelos*. Recuperado de: <http://www.medioambiente.cu/deselac/downloads/compendio>.
- Vallejo, V. (2013). *Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano*. Experiencias en sistemas silvopastoriles. Colombia Forestal. 16 (1), 83 – 99.
- Vandermeer, J. (2011). *The Ecology Agroecosystem*. By Jones and Barlett Publishers. Massachussets, USA.
- West T.O., Six J. (2007). *Considering the influence of sequestration duration and carbon saturation on estimates of soil carbon capacity*. Climatic Change 80, 25-41.
- West, T. O., Post, W. M., (2002). *Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: A global data analysis*. Soil Sci. Soc. Am. J. 66, 1930-1946.
- West, T., Marland, G. (2003). *Net carbon flux from agriculture: carbon emissions, carbon sequestration, crop yield and land-use change*. Biogeochemistry, 63, 73-83.

Anexos.

Anexos. 1. Perfiles de suelos.

Anexo 1.1. Perfiles de suelos del área de cultivos varios.

INFORMACION GENERAL DEL PERFIL		SUELOS Y FERTILIZANTES	
PAISAJE GENERAL		PROVINCIA <u>Bachajón</u>	
POSICION FISIOGRAFICA <u>Manana Tutucora</u>	FORMA DEL TERRENO CIRCUNDANTE <u>Ligeros de Oculado</u>	FORMACION GEOLOGICA	
<u>Huelva Gales</u>	VEGETACION NATURAL <u>bon baobab, boussins, Passiflora, Nativas, Guiso blanco</u>	CULTIVOS ASOCIADOS <u>yuca, maíz</u>	
AGRICULTURA TRADICIONAL <u>Cano de Azúcar</u>	ESTADO FISICO DE LOS CULTIVOS <u>Buena</u>		
SITUACION LOCAL			
PENDIENTE MAXIMA <u>4.0</u> %	MINIMA <u>2.1</u> %	PREDOMINANTE <u>4.0</u> %	
EXPOSICION DE LA PENDIENTE <u>N.S.</u>	EROSION <u>Mediana</u>		
MACRORELIEVE <u>Alto</u>	ALTITUD EN M		
LIMITANTES SUPERFICIALES <u>frías - aguas</u>			
ESTADO HIDRICO DEL SUELO			
DRENAJE SUPERFICIAL <u>Buena</u>	REGIMO <u>Buena</u>	GENERAL <u>Buena</u>	
NIVEL FREATICO EN M	CALIDAD DELAS AGUAS <u>Buena</u>		
NUMERO GENERAL DEL PERFIL <u>kg humedo</u>	DIA LUVIOSO		
DIA NUBLADO	DIAS CLARO <u>X</u>		
ROCA MADRE O FORMADORA			
I <u>X</u>	II <u>X</u>	III	
CONCLUSIONES			
INTERPRETACION MORFOLOGICA DEL PERFIL (CARACTERISTICAS GENERALES)			
<u>Suela de color pardo oscuro con horizontes azules debido a la cre</u>			
<u>de la materia orgánica asociada al HCl en profundidad, que</u>			
<u>presenta un color y general</u>			
INTERPRETACION AGRONOMICA (APTITUD PARA LOS CULTIVOS Y RECOMENDACIONES)			
<u>Este tipo de suelo es apto para el establecimiento de cultivos varios</u>			
<u>como: yuca, maíz, papajol, boniato, tomate</u>			

ESQUEMAS DEL PERFIL	
<p>PROF. ESPECTRAL <u>40</u></p> <p>CANT. DE FERTILIZANTES TENDIDOS</p>	<p>PROYECTO <u>20/10/2016</u></p> <p>FECHA <u>20/10/2016</u></p> <p>AUTOR <u>D. Guillot et al.</u></p>
<p>CLASIFICACION</p> <p>ARRUMBAMIENTO: <u>Pardo</u></p> <p>SUB-TIPO: <u>Típico</u></p> <p>GENERO: <u>Inga, Inga, Inga + Cava, Suave, colorado, Lavado</u></p> <p>EPECOME: <u>Infundido, Pasa Hum. Basso, Wierdo, bon baobab, paco</u></p> <p>Nativas: <u>boniato, Nuy Lavado, boniato, ricin, ricin, ricin, ricin</u></p>	<p>TIPO: <u>Pardo con colorados</u></p> <p>XA31g 23/24 40 t4</p> <p>TX9W3</p>

ESTRUCTURA		COLOR		COSTA SUPERFICIALES		AGRIE TAMIENITO		DISCONTINUADO LITOLÓGICO	
1	CONCRETO	1	ROJO	1	CONCRETO	1	AGRIE TAMIENITO	1	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
2	ALBA	2	BLANCO	2	ALBA	2	AGRIE TAMIENITO	2	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
3	GRUESA	3	GRUESA	3	GRUESA	3	AGRIE TAMIENITO	3	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
4	FINA	4	FINA	4	FINA	4	AGRIE TAMIENITO	4	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
5	GRUESA	5	GRUESA	5	GRUESA	5	AGRIE TAMIENITO	5	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
6	FINA	6	FINA	6	FINA	6	AGRIE TAMIENITO	6	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
7	GRUESA	7	GRUESA	7	GRUESA	7	AGRIE TAMIENITO	7	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
8	FINA	8	FINA	8	FINA	8	AGRIE TAMIENITO	8	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
9	GRUESA	9	GRUESA	9	GRUESA	9	AGRIE TAMIENITO	9	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
10	FINA	10	FINA	10	FINA	10	AGRIE TAMIENITO	10	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
11	GRUESA	11	GRUESA	11	GRUESA	11	AGRIE TAMIENITO	11	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
12	FINA	12	FINA	12	FINA	12	AGRIE TAMIENITO	12	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
13	GRUESA	13	GRUESA	13	GRUESA	13	AGRIE TAMIENITO	13	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
14	FINA	14	FINA	14	FINA	14	AGRIE TAMIENITO	14	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
15	GRUESA	15	GRUESA	15	GRUESA	15	AGRIE TAMIENITO	15	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
16	FINA	16	FINA	16	FINA	16	AGRIE TAMIENITO	16	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
17	GRUESA	17	GRUESA	17	GRUESA	17	AGRIE TAMIENITO	17	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
18	FINA	18	FINA	18	FINA	18	AGRIE TAMIENITO	18	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
19	GRUESA	19	GRUESA	19	GRUESA	19	AGRIE TAMIENITO	19	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
20	FINA	20	FINA	20	FINA	20	AGRIE TAMIENITO	20	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
21	GRUESA	21	GRUESA	21	GRUESA	21	AGRIE TAMIENITO	21	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
22	FINA	22	FINA	22	FINA	22	AGRIE TAMIENITO	22	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
23	GRUESA	23	GRUESA	23	GRUESA	23	AGRIE TAMIENITO	23	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
24	FINA	24	FINA	24	FINA	24	AGRIE TAMIENITO	24	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
25	GRUESA	25	GRUESA	25	GRUESA	25	AGRIE TAMIENITO	25	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
26	FINA	26	FINA	26	FINA	26	AGRIE TAMIENITO	26	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
27	GRUESA	27	GRUESA	27	GRUESA	27	AGRIE TAMIENITO	27	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
28	FINA	28	FINA	28	FINA	28	AGRIE TAMIENITO	28	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
29	GRUESA	29	GRUESA	29	GRUESA	29	AGRIE TAMIENITO	29	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
30	FINA	30	FINA	30	FINA	30	AGRIE TAMIENITO	30	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
31	GRUESA	31	GRUESA	31	GRUESA	31	AGRIE TAMIENITO	31	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
32	FINA	32	FINA	32	FINA	32	AGRIE TAMIENITO	32	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
33	GRUESA	33	GRUESA	33	GRUESA	33	AGRIE TAMIENITO	33	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
34	FINA	34	FINA	34	FINA	34	AGRIE TAMIENITO	34	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
35	GRUESA	35	GRUESA	35	GRUESA	35	AGRIE TAMIENITO	35	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
36	FINA	36	FINA	36	FINA	36	AGRIE TAMIENITO	36	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
37	GRUESA	37	GRUESA	37	GRUESA	37	AGRIE TAMIENITO	37	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
38	FINA	38	FINA	38	FINA	38	AGRIE TAMIENITO	38	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
39	GRUESA	39	GRUESA	39	GRUESA	39	AGRIE TAMIENITO	39	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
40	FINA	40	FINA	40	FINA	40	AGRIE TAMIENITO	40	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
41	GRUESA	41	GRUESA	41	GRUESA	41	AGRIE TAMIENITO	41	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
42	FINA	42	FINA	42	FINA	42	AGRIE TAMIENITO	42	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
43	GRUESA	43	GRUESA	43	GRUESA	43	AGRIE TAMIENITO	43	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
44	FINA	44	FINA	44	FINA	44	AGRIE TAMIENITO	44	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
45	GRUESA	45	GRUESA	45	GRUESA	45	AGRIE TAMIENITO	45	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
46	FINA	46	FINA	46	FINA	46	AGRIE TAMIENITO	46	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
47	GRUESA	47	GRUESA	47	GRUESA	47	AGRIE TAMIENITO	47	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
48	FINA	48	FINA	48	FINA	48	AGRIE TAMIENITO	48	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
49	GRUESA	49	GRUESA	49	GRUESA	49	AGRIE TAMIENITO	49	DISCONTINUADO LITOLÓGICO
50	FINA	50	FINA	50	FINA	50	AGRIE TAMIENITO	50	DISCONTINUADO LITOLÓGICO

Anexo 1.2. Perfiles de suelos en las áreas silvopastoril.

INFORMACION GENERAL DEL PERFIL

PAISAJE GENERAL

POSICION FISIOGRAFICA Planura interior

FORMA DEL TERRENO CIRCUNDAnte Valle hondo FORMACION GEOLOGICA tierra firme

VEGETACION NATURAL Chos, Anaco, Malvas, Asti Estralla CULTIVOS ASOCIADOS Yacajay, Jagua

AGRICULTURA TRADICIONAL Caca de Azúcar

ESTADO FISICO DE LOS CULTIVOS Buena

SITUACION LOCAL

PENDIENTE MAXIMA 8.0 % MINIMA 4.1 % PREDOMINANTE 6.0 %

EXPOSICION DE LA PENDIENTE W-E ENOSION Mediana

MACRORELIEVE llano ALTITUD EN M

LIMITANTES SUPERIORES Guayas, Pedras, Bozas

ESTADO HIDRICO DEL SUELO

DRENAJE SUPERFICIAL Buena INTERNO Mediano GENERAL Buena

ANIL PRECIPITADO EN M CALIDAD DELAS AGUAS Buena

HUMEDAD GENERAL DEL PERFIL alta humedad DIA LUNYOSO

DIA NUBLADO DIA CLARO X

ROCA MADRE O FORMADORA

I X II X III

CONCLUSIONES

INTERPRETACION MORFOLOGICA DEL PERFIL (CARACTERISTICAS GENERALES)

Suelo de color claro que recibe poca perturbación al ser en la finca, con algunas piedras y abundancia de raíces, raíces gruesas, del tipo de pastos, deca y deca deca.

INTERPRETACION AGRONOMICA (APTITUD PARA LOS CULTIVOS, Y RECOMENDACIONES)

Apto para pastos y forestales.

SUELOS Y FERTILIZANTES

PROVINCIA Cochabamba

EMPRESA Fuerza la Victoria PERFIL N°

NUMERO 12 CONTROL N°

NOMENCLATURA 12/17 COMENZAS N° E

N° FOTO N° PROYECTO

LINEA DE VUELTO FECHA 20/10/2016

AUTOR A. Guillot, M. Guzmán, E.

ESQUEMAS DEL PERFIL

19	A (1)	TOM DE MUESTRAS	
32	(B)		CROQUIS DE SITUACION
45	C1 (2)		

PROF. ELECTIVA 32

CANT. DE MUESTRAS TOMADAS

XAB3475 P1/2 APR 32 65
CXW153

CLASIFICACION

ARREGLO: Pardo TIPO: Pardo con Cambiados

SUB-TIPO: Tipo

GENERO: Ignea Intrusiva, alta caliza, sinuosa, granular, dura

ESPECIE: Aluvial, arenosa, amarillada, arenosa, Arcilla, fina, granular, sinuosa

para uso de pastos (Nutrición)

Anexo 1.3. Perfiles de suelos de las áreas de bosque natural.

INFORMACION GENERAL DEL PERFIL		SUELOS Y FERTILIZANTES	
PAISAJE GENERAL			
POSICION FISIOGRAFICA	<u>Las Vegas Interior</u>	EMPRESA	<u>Jacinto Botánico</u>
FORMA DEL TERRENO CIRCUNDANTE	<u>liguero, Ondulada</u>	MUNICIPIO	<u>Ciudad Bolívar</u>
VEGETACION NATURAL	<u>Sarta subtrópica, semi-temperada</u>	NOVA CARTOGRAFICA	<u>Reino Fey</u>
CULTIVOS ASOCIADOS		COMERCIALES N	
AGRICULTURA TRADICIONAL	<u>Bosque natural</u>	E	
ESTADO FISICO DE LOS CULTIVOS	<u>Quiso</u>	Nº	
SITUACION LOCAL		LINEA DE VUELLO	
PENDIENTE MAXIMA	<u>40</u> %	FOTO Nº	
PENDIENTE MINIMA	<u>2.1</u> %	PROYECTO	
EXPOSICION DE LA PENDIENTE	<u>N/S</u>	FECHA	<u>20/11/16</u>
MICRO RELIEVE	<u>Llano</u>	AUTOR	<u>D. Guillot, M. Fuentes, C.</u>
ALITUD EN M			
LIMITANTES SUPERFICIALES	<u>Pedregos, Acacias</u>		
ESTADO HIDRICO DEL SUELO			
DRENAJE SUPERFICIAL	<u>Buena</u>		
INTERNO	<u>Buena</u>		
GENERAL	<u>Buena</u>		
NIVEL FREATICO EN M			
CALIDAD DELAS AGUAS	<u>Buena</u>		
HUMEDAD GENERAL DEL PERFIL	<u>Húmeda</u>		
DA LUVOSO			
DA NUBLADO	<u>DA CLARO X</u>		
ROCA MADRE O FORMADORA			
I	<u>X</u>		
II	<u>X</u>		
III			
CONCLUSIONES			
INTERPRETACION MORFOLOGICA DEL PERFIL (CARACTERÍSTICAS GENERALES): Suela de color pardo oscuro profundo, con presencia de hilos de profundidad, abundante contenido de M.O. en algunos puntos, alto contenido de azúcares.			
INTERPRETACION AGRONOMICA (APTITUD PARA LOS CULTIVOS Y RECOMENDACIONES): Apto para especies forestales exigentes o no exigentes.			
		ESQUEMAS DEL PERFIL	
TOMA DE MUESTRAS A A3 (B1) B e Ca		CROMOS DE SITUACION PROF. EFECTIVA <u>59</u> cm CANT. DE MUESTRAS TOMADAS	
CLASIFICACION AGRUPAMIENTO <u>Pardo</u> SUB-TIPO <u>Tibico</u> GENERO <u>Intra Litóclina máe Caliza suave, Catéclina Luvosa</u> ESPECIE <u>Bosque Alto húmedo, Muy fértil, Luvoso</u>		TIPO <u>Tubo con tubos</u> VARIEDAD <u>Quilla</u> <u>Muy fértil, Muy fértil</u>	

PERFIL No. 3
 PROFUNDIDAD EN CM
 0-10
 10-38
 38-54

HUMEDAD NATURAL

SECC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LIGERAMENTE HUMEDO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
HUMEDO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MUY HUMEDO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
COLOR EN HUMEDO										

MANCHAS SUPERFICIE EXPUSIVA

POCOS < 5%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FRECUENTE 6-20%										
MUCHAS > 50%										

MANCHAS
 10% 3/4 Pardo Oscuro
 10% 1/4 Pardo
 10% 1/4 Pardo 5/16 W/W

CONCRECIONES - PERDIONES

abundancia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
abundancia										
abundancia										

DE CARBONATOS DE YESO DE CARBONATO TIPO

ESPECIO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IRREGULAR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ANGULAR										
LAMINAR										
ALAMBRADO										

FORMA DE LOS ELEMENTOS DOMINANTES

IRREGULAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IRREGULAR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ANGULAR										
LAMINAR										
ALAMBRADO										

LOCALIZACION GENERALIZADA

LOCALIZACION GENERALIZADA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LOCALIZACION GENERALIZADA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LOCALIZACION GENERALIZADA										
LOCALIZACION GENERALIZADA										

ESTRUCTURA		COLOR		COSTRA SUPERFICIALES		PROP MECAICAS		DISCONTINUIDAD LITOLÓGICA	
ARENAS	1	VERTICAL	1	CORTINAS DE DESAFORMES	1	FORMA	1	I	1
ARENAS ACILLOSAS	2	EN PUNTES Y ANCHOS	2	SALES Y CASCOS	2	ASMETRICO 3-10 cm	2	II	2
ARENAS ACILLOSAS	3	EN PUNTES	3	CARGAYOTOS	3	SABANADA 10 cm	3	III	3
ARENAS ACILLOSAS	4	EN CAJALOS DE RAJES	4	CAJAS DE HIERRO	4	PUERTAS ABERTAS	4	IV	4
ARENAS ACILLOSAS	5	EN CAJALOS	5	VALLES	5	ASMETRICO Y BIFASICO	5	1A	5
ARENAS ACILLOSAS	6	EN CAJALOS	6	SIN RAJES	6	ASMETRICO Y BIFASICO	6	1B	6
ARENAS ACILLOSAS	7	EN CAJALOS	7	RAJES	7	ASMETRICO Y BIFASICO	7	1C	7
ARENAS ACILLOSAS	8	EN CAJALOS	8	RAJES	8	ASMETRICO Y BIFASICO	8	1D	8
ARENAS ACILLOSAS	9	EN CAJALOS	9	RAJES	9	ASMETRICO Y BIFASICO	9	1E	9
ARENAS ACILLOSAS	10	EN CAJALOS	10	RAJES	10	ASMETRICO Y BIFASICO	10	1F	10
ARENAS ACILLOSAS	11	EN CAJALOS	11	RAJES	11	ASMETRICO Y BIFASICO	11	1G	11
ARENAS ACILLOSAS	12	EN CAJALOS	12	RAJES	12	ASMETRICO Y BIFASICO	12	1H	12
ARENAS ACILLOSAS	13	EN CAJALOS	13	RAJES	13	ASMETRICO Y BIFASICO	13	1I	13
ARENAS ACILLOSAS	14	EN CAJALOS	14	RAJES	14	ASMETRICO Y BIFASICO	14	1J	14
ARENAS ACILLOSAS	15	EN CAJALOS	15	RAJES	15	ASMETRICO Y BIFASICO	15	1K	15
ARENAS ACILLOSAS	16	EN CAJALOS	16	RAJES	16	ASMETRICO Y BIFASICO	16	1L	16
ARENAS ACILLOSAS	17	EN CAJALOS	17	RAJES	17	ASMETRICO Y BIFASICO	17	1M	17
ARENAS ACILLOSAS	18	EN CAJALOS	18	RAJES	18	ASMETRICO Y BIFASICO	18	1N	18
ARENAS ACILLOSAS	19	EN CAJALOS	19	RAJES	19	ASMETRICO Y BIFASICO	19	1O	19
ARENAS ACILLOSAS	20	EN CAJALOS	20	RAJES	20	ASMETRICO Y BIFASICO	20	1P	20
ARENAS ACILLOSAS	21	EN CAJALOS	21	RAJES	21	ASMETRICO Y BIFASICO	21	1Q	21
ARENAS ACILLOSAS	22	EN CAJALOS	22	RAJES	22	ASMETRICO Y BIFASICO	22	1R	22
ARENAS ACILLOSAS	23	EN CAJALOS	23	RAJES	23	ASMETRICO Y BIFASICO	23	1S	23
ARENAS ACILLOSAS	24	EN CAJALOS	24	RAJES	24	ASMETRICO Y BIFASICO	24	1T	24
ARENAS ACILLOSAS	25	EN CAJALOS	25	RAJES	25	ASMETRICO Y BIFASICO	25	1U	25
ARENAS ACILLOSAS	26	EN CAJALOS	26	RAJES	26	ASMETRICO Y BIFASICO	26	1V	26
ARENAS ACILLOSAS	27	EN CAJALOS	27	RAJES	27	ASMETRICO Y BIFASICO	27	1W	27
ARENAS ACILLOSAS	28	EN CAJALOS	28	RAJES	28	ASMETRICO Y BIFASICO	28	1X	28
ARENAS ACILLOSAS	29	EN CAJALOS	29	RAJES	29	ASMETRICO Y BIFASICO	29	1Y	29
ARENAS ACILLOSAS	30	EN CAJALOS	30	RAJES	30	ASMETRICO Y BIFASICO	30	1Z	30
ARENAS ACILLOSAS	31	EN CAJALOS	31	RAJES	31	ASMETRICO Y BIFASICO	31	1A	31
ARENAS ACILLOSAS	32	EN CAJALOS	32	RAJES	32	ASMETRICO Y BIFASICO	32	1B	32
ARENAS ACILLOSAS	33	EN CAJALOS	33	RAJES	33	ASMETRICO Y BIFASICO	33	1C	33
ARENAS ACILLOSAS	34	EN CAJALOS	34	RAJES	34	ASMETRICO Y BIFASICO	34	1D	34
ARENAS ACILLOSAS	35	EN CAJALOS	35	RAJES	35	ASMETRICO Y BIFASICO	35	1E	35
ARENAS ACILLOSAS	36	EN CAJALOS	36	RAJES	36	ASMETRICO Y BIFASICO	36	1F	36
ARENAS ACILLOSAS	37	EN CAJALOS	37	RAJES	37	ASMETRICO Y BIFASICO	37	1G	37
ARENAS ACILLOSAS	38	EN CAJALOS	38	RAJES	38	ASMETRICO Y BIFASICO	38	1H	38
ARENAS ACILLOSAS	39	EN CAJALOS	39	RAJES	39	ASMETRICO Y BIFASICO	39	1I	39
ARENAS ACILLOSAS	40	EN CAJALOS	40	RAJES	40	ASMETRICO Y BIFASICO	40	1J	40
ARENAS ACILLOSAS	41	EN CAJALOS	41	RAJES	41	ASMETRICO Y BIFASICO	41	1K	41
ARENAS ACILLOSAS	42	EN CAJALOS	42	RAJES	42	ASMETRICO Y BIFASICO	42	1L	42
ARENAS ACILLOSAS	43	EN CAJALOS	43	RAJES	43	ASMETRICO Y BIFASICO	43	1M	43
ARENAS ACILLOSAS	44	EN CAJALOS	44	RAJES	44	ASMETRICO Y BIFASICO	44	1N	44
ARENAS ACILLOSAS	45	EN CAJALOS	45	RAJES	45	ASMETRICO Y BIFASICO	45	1O	45
ARENAS ACILLOSAS	46	EN CAJALOS	46	RAJES	46	ASMETRICO Y BIFASICO	46	1P	46
ARENAS ACILLOSAS	47	EN CAJALOS	47	RAJES	47	ASMETRICO Y BIFASICO	47	1Q	47
ARENAS ACILLOSAS	48	EN CAJALOS	48	RAJES	48	ASMETRICO Y BIFASICO	48	1R	48
ARENAS ACILLOSAS	49	EN CAJALOS	49	RAJES	49	ASMETRICO Y BIFASICO	49	1S	49
ARENAS ACILLOSAS	50	EN CAJALOS	50	RAJES	50	ASMETRICO Y BIFASICO	50	1T	50
ARENAS ACILLOSAS	51	EN CAJALOS	51	RAJES	51	ASMETRICO Y BIFASICO	51	1U	51
ARENAS ACILLOSAS	52	EN CAJALOS	52	RAJES	52	ASMETRICO Y BIFASICO	52	1V	52
ARENAS ACILLOSAS	53	EN CAJALOS	53	RAJES	53	ASMETRICO Y BIFASICO	53	1W	53
ARENAS ACILLOSAS	54	EN CAJALOS	54	RAJES	54	ASMETRICO Y BIFASICO	54	1X	54
ARENAS ACILLOSAS	55	EN CAJALOS	55	RAJES	55	ASMETRICO Y BIFASICO	55	1Y	55
ARENAS ACILLOSAS	56	EN CAJALOS	56	RAJES	56	ASMETRICO Y BIFASICO	56	1Z	56
ARENAS ACILLOSAS	57	EN CAJALOS	57	RAJES	57	ASMETRICO Y BIFASICO	57	1A	57
ARENAS ACILLOSAS	58	EN CAJALOS	58	RAJES	58	ASMETRICO Y BIFASICO	58	1B	58
ARENAS ACILLOSAS	59	EN CAJALOS	59	RAJES	59	ASMETRICO Y BIFASICO	59	1C	59
ARENAS ACILLOSAS	60	EN CAJALOS	60	RAJES	60	ASMETRICO Y BIFASICO	60	1D	60
ARENAS ACILLOSAS	61	EN CAJALOS	61	RAJES	61	ASMETRICO Y BIFASICO	61	1E	61
ARENAS ACILLOSAS	62	EN CAJALOS	62	RAJES	62	ASMETRICO Y BIFASICO	62	1F	62
ARENAS ACILLOSAS	63	EN CAJALOS	63	RAJES	63	ASMETRICO Y BIFASICO	63	1G	63
ARENAS ACILLOSAS	64	EN CAJALOS	64	RAJES	64	ASMETRICO Y BIFASICO	64	1H	64
ARENAS ACILLOSAS	65	EN CAJALOS	65	RAJES	65	ASMETRICO Y BIFASICO	65	1I	65
ARENAS ACILLOSAS	66	EN CAJALOS	66	RAJES	66	ASMETRICO Y BIFASICO	66	1J	66
ARENAS ACILLOSAS	67	EN CAJALOS	67	RAJES	67	ASMETRICO Y BIFASICO	67	1K	67
ARENAS ACILLOSAS	68	EN CAJALOS	68	RAJES	68	ASMETRICO Y BIFASICO	68	1L	68
ARENAS ACILLOSAS	69	EN CAJALOS	69	RAJES	69	ASMETRICO Y BIFASICO	69	1M	69
ARENAS ACILLOSAS	70	EN CAJALOS	70	RAJES	70	ASMETRICO Y BIFASICO	70	1N	70
ARENAS ACILLOSAS	71	EN CAJALOS	71	RAJES	71	ASMETRICO Y BIFASICO	71	1O	71
ARENAS ACILLOSAS	72	EN CAJALOS	72	RAJES	72	ASMETRICO Y BIFASICO	72	1P	72
ARENAS ACILLOSAS	73	EN CAJALOS	73	RAJES	73	ASMETRICO Y BIFASICO	73	1Q	73
ARENAS ACILLOSAS	74	EN CAJALOS	74	RAJES	74	ASMETRICO Y BIFASICO	74	1R	74
ARENAS ACILLOSAS	75	EN CAJALOS	75	RAJES	75	ASMETRICO Y BIFASICO	75	1S	75
ARENAS ACILLOSAS	76	EN CAJALOS	76	RAJES	76	ASMETRICO Y BIFASICO	76	1T	76
ARENAS ACILLOSAS	77	EN CAJALOS	77	RAJES	77	ASMETRICO Y BIFASICO	77	1U	77
ARENAS ACILLOSAS	78	EN CAJALOS	78	RAJES	78	ASMETRICO Y BIFASICO	78	1V	78
ARENAS ACILLOSAS	79	EN CAJALOS	79	RAJES	79	ASMETRICO Y BIFASICO	79	1W	79
ARENAS ACILLOSAS	80	EN CAJALOS	80	RAJES	80	ASMETRICO Y BIFASICO	80	1X	80
ARENAS ACILLOSAS	81	EN CAJALOS	81	RAJES	81	ASMETRICO Y BIFASICO	81	1Y	81
ARENAS ACILLOSAS	82	EN CAJALOS	82	RAJES	82	ASMETRICO Y BIFASICO	82	1Z	82
ARENAS ACILLOSAS	83	EN CAJALOS	83	RAJES	83	ASMETRICO Y BIFASICO	83	1A	83
ARENAS ACILLOSAS	84	EN CAJALOS	84	RAJES	84	ASMETRICO Y BIFASICO	84	1B	84
ARENAS ACILLOSAS	85	EN CAJALOS	85	RAJES	85	ASMETRICO Y BIFASICO	85	1C	85
ARENAS ACILLOSAS	86	EN CAJALOS	86	RAJES	86	ASMETRICO Y BIFASICO	86	1D	86
ARENAS ACILLOSAS	87	EN CAJALOS	87	RAJES	87	ASMETRICO Y BIFASICO	87	1E	87
ARENAS ACILLOSAS	88	EN CAJALOS	88	RAJES	88	ASMETRICO Y BIFASICO	88	1F	88
ARENAS ACILLOSAS	89	EN CAJALOS	89	RAJES	89	ASMETRICO Y BIFASICO	89	1G	89
ARENAS ACILLOSAS	90	EN CAJALOS	90	RAJES	90	ASMETRICO Y BIFASICO	90	1H	90
ARENAS ACILLOSAS	91	EN CAJALOS	91	RAJES	91	ASMETRICO Y BIFASICO	91	1I	91
ARENAS ACILLOSAS	92	EN CAJALOS	92	RAJES	92	ASMETRICO Y BIFASICO	92	1J	92
ARENAS ACILLOSAS	93	EN CAJALOS	93	RAJES	93	ASMETRICO Y BIFASICO	93	1K	93
ARENAS ACILLOSAS	94	EN CAJALOS	94	RAJES	94	ASMETRICO Y BIFASICO	94	1L	94
ARENAS ACILLOSAS	95	EN CAJALOS	95	RAJES	95	ASMETRICO Y BIFASICO	95	1M	95
ARENAS ACILLOSAS	96	EN CAJALOS	96	RAJES	96	ASMETRICO Y BIFASICO	96	1N	96
ARENAS ACILLOSAS	97	EN CAJALOS	97	RAJES	97	ASMETRICO Y BIFASICO	97	1O	97
ARENAS ACILLOSAS	98	EN CAJALOS	98	RAJES	98	ASMETRICO Y BIFASICO	98	1P	98
ARENAS ACILLOSAS	99	EN CAJALOS	99	RAJES	99	ASMETRICO Y BIFASICO	99	1Q	99
ARENAS ACILLOSAS	100	EN CAJALOS	100	RAJES	100	ASMETRICO Y BIFASICO	100	1R	100

Anexo. 2. Composición de la vegetación en el área estudiada del ecosistema.

No	Géneros	Familias	Especies
1	<i>Achyranthes aspera</i> var. <i>indica</i> L. (Rabo de gato)	Amaranthaceae	5
	<i>Althernantera paronychoides</i> ST. Hil.		
	<i>Amaranthus viridis</i> L. (Bledo manso)		
	<i>Chamissoa altissima</i> (Jacq.) H.B.K.		
	<i>Gomphrena decumbens</i> Jacq.		
2	<i>Bourreria succulenta</i> Jacq. var. <i>succulenta</i>	Boraginaceae	5
	<i>Gerascanthus collococcus</i> (L.) Borhidi		
	<i>Gerascanthus gerascanthoides</i> (HBK.) Borhidi		
	<i>Varronia globosa</i> ssp. <i>humilis</i> (Jacq.) Borhidi		
	<i>Tournefortia hirsutissima</i> L.		
3	<i>Hohenbergia penduliflora</i> (A. Rich.) Mez	Bromeliaceae	5
	<i>Tillandsia fasciculata</i> Sw.		
	<i>Tillandsia flexuosa</i> Sw.		
	<i>Tillandsia recurvata</i> L.		
	<i>Tillandsia usneoides</i> L.		
4	<i>Adelia ricinella</i> L.	Euphorbiaceae	9
	<i>Argythamnia candicans</i> Sw. var. <i>candicans</i>		
	<i>Ateramnus lucidus</i> (Sw.) Rothm.		
	<i>Croton lobatus</i> L. (Frailecillo cimarrón)		
	<i>Croton lucidus</i> L.		
	<i>Euphorbia heterophylla</i> L. (Hierba lechosa)		
	<i>Platygyne hexandra</i> (Jacq.) Muell. Arg.		
	<i>Savia sessiliflora</i> (Sw.) Willd.		
<i>Tragia volubilis</i> L.			
5	<i>Abrus precatorius</i> L.	Fabaceae	7
	<i>Centrosema virginianum</i> (L.) Benth.		
	<i>Desmodium canum</i> (Gmel.) Schinz. (Amor seco)		
	<i>Geoffreea inermis</i> W. Wright		
	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Griseb.		
	<i>Lonchocarpus domingensis</i> (Pers.) DC.		
	<i>Mucuna pruriens</i> (L.) D.C. (Pica pica)		
6	<i>Bastardia bivalvis</i> (Cav.) Kunth.	Malvaceae	7
	<i>Malachra alceifolia</i> Jacq. (Pelo de buey)		
	<i>Malachra capitata</i> L. (Malva mulata)		
	<i>Sida acuta</i> Burm. fil. (malva de caballo)		
	<i>Sida rhombifolia</i> L. (Malva de cochino)		
	<i>Sida urens</i> L.		
	<i>Urena lobata</i> L. (Malva blanca/ Guizazo)		
7	<i>Ichnanthus mayarensis</i> (Wright) Hitch.	Poaceae	6
	<i>Lasiacis divaricata</i> (L.) Hitchc.		
	<i>Lasiacis sloanei</i> (Griseb.) Hitchc.		

No	Géneros	Familias	Especies
	<i>Litchane pauciflora</i> Sw.		
	<i>Panicum maximum</i> Jacq. (Yerba de Guinea)		
	<i>Pharus glaber</i> H.B.K.		
8	<i>Borreria laevis</i> (Lam.) Griseb. (Hierba de toro)	Rubiaceae	8
	<i>Calycophyllum candidissimum</i> (Vahl.) DC.		
	<i>Chiococca alba</i> (L.) Hitchc.		
	<i>Genipa americana</i> L.		
	<i>Hamelia patens</i> Jacq.		
	<i>Morinda royoc</i> L.		
	<i>Psychotria androsaemifolia</i> Griseb.		
	<i>Psychotria horzontalis</i> Sw.		
9	<i>Cupania americana</i> L.	Sapindaceae	6
	<i>Cupania glabra</i> Sw.		
	<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq.		
	<i>Paulinia fuscescens</i> H.B.K.		
	<i>Serjania atrolineata</i> Sw. ex Wr.		
	<i>Serjania diversifolia</i> (Jacq.) Radlk.		

Anexo. 3. Resultados de los análisis de laboratorio.

Tratam.	Prof. (cm)			pH	pH							
		P ₂ O ₅	K ₂ O	KCl	H ₂ O	Ach	Ca	Mg	Na	K	Hs	C.O
C.V	0-20	5,02	11,52	4,7	5,8	5,03	34,12	8,65	0,15	0,24	2,85	1,13
C.V	0-20	4,2	12,92	4,5	5,8	5,03	32,26	12,01	0,13	0,27	2,65	1,45
C.V	0-20	32,74	17,49	6,1	6,8	2,4	43,85	5,13	0,13	0,47	3,6	1,73
C.V	0-20	4,16	9,78	4,5	5,6	4,59	21,85	9,72	0,09	0,22	3,45	1,08
C.V	0-20	4,67	6,68	4,5	5,9	4,59	20,64	12,74	0,13	0,14	2,98	1,28
Pastos	0-20	10,46	13,97	5,1	6,5	3,72	27,24	10,46	0,19	0,3	3,13	1,42
Pastos	0-20	14,31	10,48	4,5	5,4	5,03	25,64	9,1	0,14	0,22	2,38	1,47
Pastos	0-20	5,64	10,83	4,8	5,8	4,81	24,82	8,33	0,16	0,23	2,78	1,39
Pastos	0-20	10,96	11,87	5,8	6,5	2,84	30,59	7,86	0,14	0,25	2,98	1,48
Pastos	0-20	3,27	10,83	4,4	5,5	5,25	24,32	9,49	0,14	0,24	2,84	2,05
Bosque	0-20	11,7	17,14	6,3	7	1,97	57,55	6,4	0,13	0,49	2,37	2,49
Bosque	0-20	25,23	19,61	6,7	7,2	0	50,39	4,58	0,15	0,56	2,33	2,95
Bosque	0-20	40,67	22,81	6,4	6,9	1,97	56,68	5,91	0,12	0,63	2,41	2,66
Bosque	0-20	32,04	23,52	6,6	7,2	0	53,22	4,8	0,13	0,58	2,18	2,37
Bosque	0-20	29,7	17,49	5,9	6,6	2,4	49,08	6,55	0,1	0,49	2,29	2,6
C.V	20-40	5,95	12,92	4,8	5,9	4,37	34,53	9,17	0,14	0,33	2,21	1,45
C.V	20-40	25,74	9,09	4,6	5,8	3,93	26,32	9,04	0,21	0,19	2,26	1,24
C.V	20-40	8,05	10,48	4,5	5,7	5,03	24,24	9,02	0,16	0,23	2,02	1,41
C.V	20-40	2,06	9,78	4,3	5,5	5,68	16,66	7,21	0,13	0,22	2,32	1,22
C.V	20-40	10,46	11,18	6	6,7	1,97	32,02	9,51	0,17	0,24	2,39	1,33
Pastos	20-40	13,26	16,78	6,3	6,9	1,97	53,58	5,51	0,14	0,47	2,95	1,19
Pastos	20-40	2,41	6,68	4,4	5,7	4,81	30,39	11,77	0,16	0,13	2,66	1,4
Pastos	20-40	3,73	9,44	4,6	5,8	4,15	30,09	11,8	0,17	0,2	2,09	1,15
Pastos	20-40	4,63	6,34	4,7	6	5,03	24,69	11,46	0,16	0,13	0,17	1,13
Pastos	20-40	3,19	7,71	4,4	5,6	5,03	19,03	10,13	0,12	0,17	1,42	1,07
Bosque	20-40	9,99	10,48	5,1	6,3	4,37	28,62	10,04	0,23	0,24	2,92	1,42
Bosque	20-40	27,57	16,43	6,6	7,3	0	75,16	6,25	0,16	0,44	3,35	2,41
Bosque	20-40	3,23	9,09	4,5	5,8	5,03	28,04	10,97	0,12	0,19	3	1,51
Bosque	20-40	35,07	26,37	6,6	7,2	0	54,69	5,8	0,12	0,66	3,18	1,68
Bosque	20-40	19,48	14,32	5,6	6,4	2,62	35,27	3,64	0,15	0,4	3,08	1,36

Anexo. 4. Ecosistema de bosque natural del jardín Botánico y dos agroecosistemas aledaños.



Imagen 1: Ecosistema de bosque natural del Jardín Botánico de Cienfuegos. Tomado por Epandy Adalberto Epalanga (abril, 2015).



Imagen 2: Agroecosistema silvopastoril de la finca La Victoria. Tomado por Epandy Adalberto Epalanga (abril, 2015).



Imagen 2: Agroecosistema de cultivos varios de la finca La Victoria. Tomado por Epandy Adalberto Epalanga (abril, 2015).